

OTA 854^I

februari 1976

NN31545.0854

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

DE pF-RECHTE IN DE PRACTIJK

I: EEN EERSTE POGING TOT DE OPBOUW VAN
EEN SYSTEEM VAN STANDAARD pF-CURVEN

ing. H. Fonck

BIBLIOTHEEK DE HAAFF

Droevendaalsesteeg 3a
Postbus 241
6700 AE Wageningen

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

17089760

13 FEB. 1998



0000 0672 9111

I N H O U D

	b1z.
INLEIDING	1
DE VEREFFENING	3
PORIËNVOLUME EN LUCHTUITTREDEWAARDE	3
SAMENHANG TUSSEN PROFIELKENMERKEN EN pF -PARAMETERS	16
I. Inventarisatie oudere bewerkingen	16
II. Resultaten van de oudere bewerkingen	18
NIEUW EIGEN ONDERZOEK	33
NIEUWE BEWERKINGEN VAN NIEUW MATERIAAL	38
DE DROGE TAK VAN DE CURVE	46
DE p/b -WAARDE	47
RELATIE A_v MET p/b	51
AFWIJKINGEN VAN DE STANDAARDCURVEN	53
HET WERKELIJK PORIËNVOLUME	54
CONCLUSIE EN SAMENVATTING	56
LITERATUUR	58
BIJLAGEN (6)	

INLEIDING

Bij de vele problemen van hydrologische aard, die nog steeds de aandacht vragen, speelt de pF-curve, zoals die bij velen bekend is, een belangrijke rol. Vele van deze problemen spitsen zich toe op de behoefte aan een karakterisering van het bodemprofiel naar hydrologische kenmerken en het behoeft geen betoog, dat aan deze behoefte het best kan worden voldaan wanneer een systeem van standaard-pF-curven zou kunnen worden opgebouwd, waarin de kenschetsing van zoveel mogelijk profielen naar vochtgehalten bij verschillende vochtspanning zou zijn vastgelegd. Vanuit de in een dergelijk systeem samengebrachte samenhang tussen profielkenmerken en vocht zouden problemen rondom bijvoorbeeld capillair geleidingsvermogen, berging e.d. kunnen worden aangepakt. De opbouw van een dergelijk standaard-pF-curven-systeem ligt binnen het bereik, wanneer aan een tweetal voorwaarden is voldaan.

De eerste voorwaarde luidt, dat de pF-curve hanteerbaar dient te worden gemaakt door een vereffeningsprocedure, die het vastleggen van de curve door enkele parameters mogelijk maakt.

De tweede voorwaarde, die gedeeltelijk uit de eerste voortvloeit, luidt dat een dergelijk systeem pas waarde krijgt wanneer voldoende bemonsteringsresultaten aanwezig zijn, zodat elke vereffening steunt op voldoende waarnemingen en elke onderzoeker kan putten uit een dermate grote verscheidenheid van vereffende curven, dat een redelijk nauwkeurige benadering vanuit de standaardcurve mogelijk is, zonder dat eerst op de tijdrovende procedure van bemonstering en laboratoriumbepaling dient te worden gewacht.

Aan de eerste voorwaarde lijkt thans te kunnen worden voldaan omdat enkele beproefde vereffeningsprocedures ten dienste staan, zowel grafische als numerische, die in staat stellen elk profiel op eenvoudige wijze hydrologisch vast te leggen. Hierdoor is tevens de moge-

lijkheid van een directe koppeling aan een bodemkundige karakterisering binnen het bereik gekomen.

Aan de tweede voorwaarde lijkt eveneens te kunnen worden voldaan, omdat waarschijnlijk thans in verschillende pF-archieven voldoende pF-gegevens zijn verzameld om met goede kans op succes tot inventarisatie en bewerking te kunnen overgaan.

Het ligt in de bedoeling het uiteindelijke resultaat te presenteren in de vorm van een systeem van bodemprofielkenschetsing, waarin men aan de hand van een profielbeschrijving of granulaire analyse de waarde van de vereffeningsparameters kan aflezen. Op grond van deze parameterwaarden kan de oorspronkelijke pF-curve worden geconstrueerd of uit een bijbehorend archief van pF-curven worden afgelezen.

Tot slot nog een opmerking over de waarde van de in deze nota verwerkte resultaten van oudere bewerkingen. Sinds in 1962 de rechte pF-curve haar intrede heeft gedaan zijn er voortdurend kleinere of veelomvattender onderzoeken verricht ter verduidelijking van verschijnselen, die voordien niet tot een oplossing hadden kunnen worden gebracht of eenvoudig met het doel het experimentele stadium van de gehele bewerking over te doen gaan in een routinestadium. Thans, na meer dan twaalf jaren vereffeningservaring heeft het totale inzicht in deze gehele materie zich zodanig verdiept, dat de tijd rijp lijkt de praktische waarde van de gehele vereffeningstechniek te toetsen aan de voorgenomen opbouw van het standaardcurvensysteem.

Alles, wat binnen deze twaalf jaren aan onderzoek op dit gebied is verricht, heeft bijgedragen tot verdieping van het inzicht en is als zodanig reeds bestemd om in dit algemene gedeelte te worden opgenomen als verantwoording en ter verduidelijking.

In het licht bezien van een twaalfjarige ervaring zal het kunnen gebeuren, dat de toendertijd verkregen resultaten niet geheel stroken met wat nu wordt gepresenteerd. Toch leek het juister deze resultaten weer te geven zoals zij toendertijd werden gepresenteerd, dus met alle beperkingen van de geringe representativiteit, die toen gold. Anderzijds is het verheugend te kunnen constateren, dat sommige resultaten van het begin af aan steeds in dezelfde richting hebben gewezen doch dat de kwalitatieve conclusie van toen met een kwantitatieve van nu kan worden uitgebreid.

DE VEREFFENING

Een volledige verantwoording van de vereffeningsmethode, zoals die in het vervolg zal worden gehanteerd, is gegeven in nota 149 (FONCK, 1962) en geschiedt op grond van de volgende formule:

$$b(A-pF) = p \log v - (1-p) \log (P-v) \quad (1)$$

waarin: v = vochtgehalte in volumeprocenten

P = het poriënvolume

b , p en A zijn parameters, die respectievelijk de helling van de pF -rechte, de verhouding van de invloed van het adsorptieve deel van de curve en van de poriënverdeling en het niveau binnen het assenstelsel beheersen

Hierin wordt een viertal grafische vereffeningstechnieken aangegeven, die zich gedeeltelijk ook zeer goed lenen tot een numerische bewerking.

Daarnaast staat een tweede formule ter beschikking, welke luidt:

$$pF = A + B \ln \left\{ \left(\frac{v}{v_0} \right)^{-c} - 1 \right\} \quad (2)$$

Deze formule is afkomstig van de Amerikaanse onderzoekers FINK en JACKSON. De bruikbaarheid ervan is getest door de Japanse gastmedewerker prof. Sohma. De resultaten zijn weergegeven in nota 799 (SOHMA, 1974). Aangezien deze formule bij de onderhavige bewerkingen niet is gebruikt, wordt voor de afleiding van deze formule en de toetsingsresultaten verder naar genoemde publikatie verwezen. Het is zeker niet uitgesloten, dat in een later stadium ook deze formule voor de vereffening zal worden gebruikt.

PORIËNVOLUME EN LUCHTUITTREDEWAARDE

Alvorens grondiger in te gaan op de vereffeningresultaten lijkt het dienstig eerst een probleem aan de orde te stellen, dat voor welke vereffeningstechniek dan ook onverminderd geldt, namelijk de bepaling

van de grootte van het poriënvolume. Jarenlang is het poriënvolume bij de weergave van de resultaten van het laboratoriumonderzoek verstrekt als een vaststaand gegeven en wel als de uitkomst van een standaardberekening, gebaseerd op drooggewicht en het soortelijk gewicht van humus en de minerale bestanddelen (respectievelijk bepaald op 1,47 en 2,66) volgens:

$$P = 100 - \frac{\text{volumegewicht}}{\text{soort. gewicht}} \quad (3)$$

Als h staat voor het percentage organische stof, kan het S.G. worden uitgedrukt als:

$$\text{S.G.} = 100 : \left[\frac{h}{1,47} + \frac{100-h}{2,66} \right] \quad (4)$$

Wordt (4) in (3) gesubstitueerd, dan ontstaat:

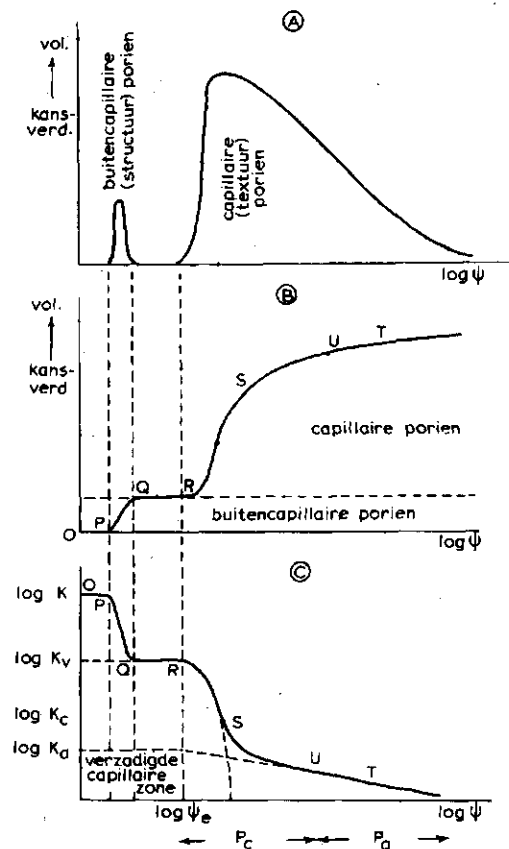
$$P = 100 + \frac{v(1,19 h + 147)}{391} \quad (5)$$

waarin v staat voor het volumegewicht van het monster.

Deze benadering laat ruimte tot enige speling, omdat in de soortelijke gewichten van vooral de minerale delen wel enige variatie mogelijk is. Dit wordt onderstreept door het feit, dat in de literatuur voor het S.G. van de minerale delen wel eens waarden genoemd worden, die (weliswaar weinig) van 2,66 afwijken.

Er zijn dan ook vele aanwijsbare voorbeelden van laboratoriumresultaten, waarbij de opgegeven waarde voor het poriënvolume kleiner blijkt te zijn dan het vochtgehalte bij pF 0.4, 1.0, soms zelfs 1.5. Hiervoor kunnen verschillende oorzaken zijn:

- 1) De geringe marge, welke de berekening van het poriënvolume nu eenmaal toelaat.
- 2) Een geringe overschrijding van de instelwaarde van de onderdruk, hetgeen een relatief groot verschil in vochtgehalte kan hebben.
- 3) Het voorkomen van een luchtuitredewaarde. Dit is een verschijnsel, dat pas de laatste jaren volledig onderkend is en dat een volledige verklaring geeft voor de meeste gevallen van schijnbare discrepantie van poriënvolume en vochtgehalte bij lage pF-waarden.



Men kan zich de situatie voorstellen als in fig. 1 weergegeven. De basis voor de gedaante van de pF-curve is de poriëngrootteverdeling, waarvan een willekeurig voorbeeld is gegeven in fig. 1A. In het onderhavige geval wordt de poriëngrootteverdeling weergegeven door twee afzonderlijke toevalsverdelingen. Deze kunnen elkaar overlappen. De poriën, behorend bij het traject, gelegen tussen de beide toevalsverdelingen zijn in dit geval eenvoudig niet aanwezig. In fig. 1B is de sommatiecurve van hetzelfde voorbeeld gegeven en aangezien de desorptie (= pF) curve niets anders is dan de integratiecurve van de poriëngrootteverdeling is in deze figuur de orthodoxe pF-curve-vorm reeds herkenbaar aanwezig. Er zijn in deze figuur verschillende trajecten te onderscheiden:

Het traject O-P behoort bij de grote scheuren en gangen, die in dit voorbeeldprofiel kennelijk niet voorkomen. In het traject P-Q worden de zogenaamde 'structuurporiën' aangetroffen; dat zijn de grotere holten, wier voorkomen hoofdzakelijk wordt bepaald door structuurbepa-

lende factoren als grondbewerking en beworteling. Dit deel van het totaal poriënvolume is dan ook aan volumeverandering onderhevig en kan variëren naar gelang van het jaargetijde en grondgebruik. In het traject Q-R toont het vlakke beloop aan, dat poriën met overeenkomstige diameter ontbreken. In het traject R-S-T worden de textuurporiën aangetroffen; dat is het geheel aan capillaire ruimten, dat bepaald wordt door de onderlinge ligging van de gronddeeltjes.

Omdat volgens de wet van Poiseuille de stromingsweerstand voor elke porie apart uitgerekend kan worden, kan een poriënverdeling dus worden opgevat als een stromingsweerstandsverdeling. Door de stroming als een functie van de poriëndiameter door alle voorkomende poriën beneden een bepaalde maximale diameterwaarde te sommeren kan de totale stroming door het totaal aan poriën beneden deze maximale waarde berekend worden. Volgens deze veronderstelling zou de sommatiecurve in fig. 1B omgezet kunnen worden in een doorlatendheidscurve als in fig. 1C.

Allereerst kan van de poriënverdeling dat deel worden afgesplitst, waarvan de adsorptiekrachten sterker zijn dan met de capillaire afmetingen overeenkomt (adsorptief gebonden water). De ondergrens van deze uiterst fijne capillairen is in fig. 1C schematisch weergegeven bij U. Het totaal volume, dat deze poriën innemen is P_a genoemd en de daarbij behorende doorlatendheid K_a . De capillaire poriën binnen de eerder genoemde berekenbare begrenzing, waarvan het totale volume in fig. 1C P_c is genoemd, vormen het gebied waarbinnen het capillair geleidingsvermogen ligt, waarvan de waarde wisselt met de vochttoestand. De grens van dit capillaire gebied wordt gevonden bij een poriëndiameter welke zo ruim is, dat er vrijwel geen weerstand meer bestaat tegen druk van buitenaf. Deze toestand wordt gevonden bij vrijwel volledige verzadiging.

Weliswaar kent de toepassing van de wet van Poiseuille de beperking, dat hij niet zonder meer geldt voor poriën met variabele diameter, voor kronkels en vertakkingen van het poriënsysteem en evenmin voor ingesloten luchtbellen, maar toch is deze wet belangrijk als basis voor de verklaring van de vraag waarom een klein totaalvolume van macro-poriën meestal verantwoordelijk is voor het grootste deel van de doorlatendheid in verzadigde toestand. Wanneer deze verzadigde door-

latendheid, uitgezet tegen de vochtspanning duidelijk buiten de curve voor de onverzadigde doorlatendheid valt, is dit het gevolg van het voorkomen van buiten-capillaire poriën.

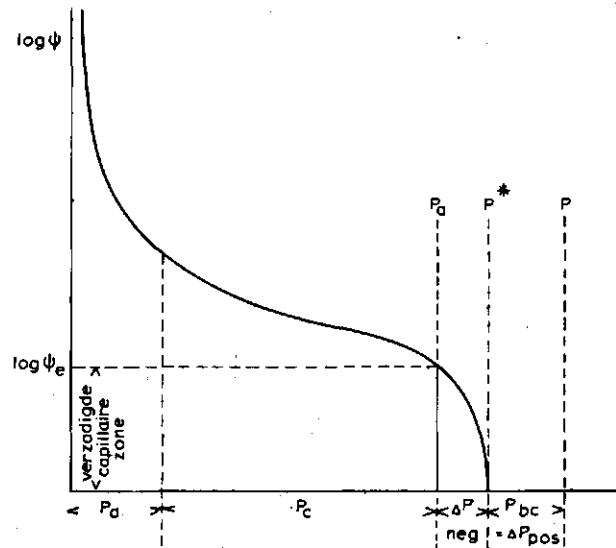


Fig. 2. Schematische voorstelling van de verschillende manieren waarop het poriënvolume omschreven kan worden

- P_a = poriënvolume waarin geen capillaire stroming plaats heeft (hygrosc. geb. water geblok. por.)
- P_c = poriënvolume waarin wel capillaire stroming plaats heeft
- ΔP = verschil tussen werkelijk en theoretisch poriënvolume
- P_{bc} = buitencapillaire poriën (scheuren en gangen) = ΔP_{pos}
- P_A = werkelijk poriënvolume (bij ontbreken van grote poriën) volgens analyse
- P^* = berekend poriënvolume
- P = poriënvolume met inbegrip van scheuren en gangen

Terugkomend op het uitgangspunt i.c. de veronderstelling van het kunnen voorkomen van meer dan één opvatting van het begrip 'poriënvolume' kan fig. 2 te hulp worden geroepen, waarin één en ander schematisch is weergegeven. Men vindt hierin terug het werkelijke poriënvolume volgens de analyse. Dit kan elke waarde vertonen tussen P en P_A . Dit is afhankelijk van het al of niet voorkomen van buiten-capillaire scheuren en gangen en eventueel van grote capillaire poriën. Tussen P en P_A ligt het asymptotisch poriënvolume P^* , dat bij de vereffening

van de pF-curve gebruikt wordt. Dit schijnbare (asymptotische) poriënvolume kan dus zowel groter als kleiner zijn dan het werkelijke poriënvolume. De vereffening gaat dus uit van één waarde van het poriënvolume, die niet noodzakelijkerwijze dezelfde als van het werkelijke poriënvolume behoeft te zijn. Ontbreken er grote poriën, dat wil zeggen is ΔP negatief, dan is het werkelijk poriënvolume bij de luchtuitredewaarde te vinden. Is ΔP daarentegen positief, dat wil zeggen komen er buiten-capillaire gangen en scheuren voor, dan hebben die geen invloed op het beloop van het grootste deel van de curve en kunnen in de vereffening dan ook niet worden betrokken. Men dient te bedenken, dat deze poriënvergroting altijd gebonden is aan seizoen en grondbewerking en dus geen constante waarde heeft.

De vochtspanning, waarbij een grondmonster lucht begint door te laten, wordt luchtintredewaarde genoemd (in fig. 2 dus synoniem aan P_A). Deze waarde kan in het laboratorium bepaald worden en de equivalent-diameter van de porie, waarin water wordt vervangen door lucht, kan worden berekend uit de betrekking $h = 0,296d$, waarin h de vochtspanning is in cm en d de poriëndiameter in cm (STAKMAN, 1966).

Uit de omschrijving van het kleinst voorkomende poriënvolume P_A en het grootst voorkomende P kan men concluderen, dat het verschil tussen beide volumina in feite veroorzaakt wordt door de factor structuur. Later zal blijken in hoeverre deze factor toch in het systeem van standaard-pF-curven betrokken kan worden.

Tot de aanwezigheid van een luchtintredewaarde kan meestal besloten worden, wanneer blijkt dat als de pF-curve op de orthodoxe wijze wordt uitgetekend er in de natte tak geen vloeiend beloop mogelijk is. Er blijkt dan een duidelijke knik in de curve op te treden, terwijl alle bepaalde vochtgehalten beneden deze knik vrijwel gelijk zijn inclusief het berekende poriënvolume. Hieruit volgt evenwel, dat een werkelijk poriënvolume, gelijk aan de vochtgehalten bij de lage pF-waarden tot de mogelijkheden behoort, doch dat een werkelijk poriënvolume, kleiner dan de vochtgehalten bij de lage pF-waarden (en dat komt soms ook voor) moet berusten op fouten bij de analyse, hetzij bij de berekening van het werkelijk poriënvolume hetzij bij de instelling van de onderdrukken van de lage pF-waarden.

In het algemeen kan evenwel worden gesteld, dat het vaststellen

van het werkelijk poriënvolume minder problemen oplevert dan dat van het asymptotisch poriënvolume, dat noodzakelijk is voor de vereffening.

In geval van het voorkomen van een luchtintredewaarde echter kan de juiste waarde van het asymptotisch poriënvolume slechts worden benaderd aan de hand van standaardcurven. Bij elke vereffening van een afzonderlijke curve, waarin een luchtuitredewaarde voorkomt, blijkt dat een vereffening van het resterende deel van de curve mogelijk is bij uiteenlopende waarden van het asymptotisch poriënvolume. Als voorbeeld is fig. 3 gegeven.

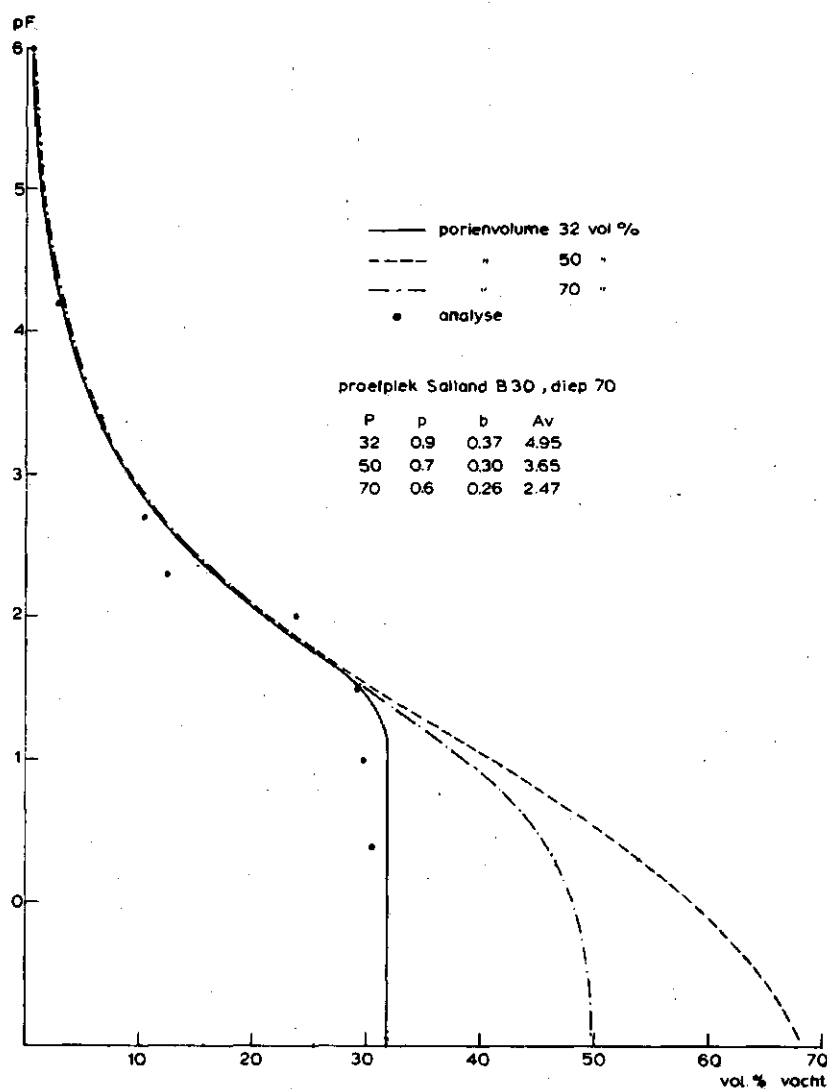


Fig. 3. Met sterk uiteenlopende poriënvolumina kan een nagenoeg identieke vereffeningresultaat bereikt worden, weliswaar met uiteenlopende parameterwaarden

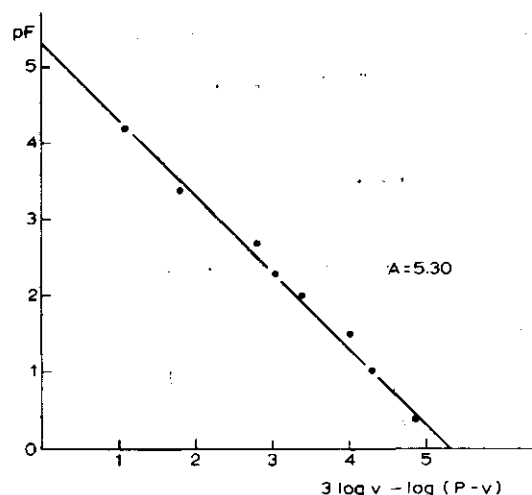


Fig. 4. Controle op afwijkingen volgens $3 \log v - \log(P-v)$

pF	0.4	1.0	1.5	2.0	2.3	2.7	3.4	4.2
v	48.5	45.2	42.7	34.3	28.5	25.2	13.2	8.0
$\log v$	1.6857	1.6551	1.6304	1.5353	1.4548	1.4014	1.1206	0.9031
P-v	1.5	4.8	7.3	15.7	21.5	24.8	36.8	42.0
$\log(P-v)$	0.1761	0.6812	0.8633	1.1959	1.3324	1.3945	1.5658	1.6232
$3 \log v$	5.0571	4.9653	4.8912	4.6059	4.3644	4.2042	3.3618	2.7093
$3 \log v - \log(P-v)$	4.8810	4.2841	4.0279	3.4100	3.0320	2.8097	1.7960	1.0861

In fig. 3 is een willekeurige curve vereffend met drie sterk uiteenlopende waarden voor P^* namelijk 32, 50 en 70 vol.%. De vochtgehalten bij pF 0,4 en 1,0 zijn buiten de bewerking gelaten, omdat hier duidelijk sprake is van de aanwezigheid van een luchtuittredepunt tussen pF 1,0 en pF 1,5.

Het blijkt nu, dat het mogelijk is vrijwel exact dezelfde curven te verkrijgen voor het traject tussen pF 1,5 en 6,0. Weliswaar zijn de waarden voor de parameters bij de verschillende P^* -waarden eveneens sterk uiteenlopend, maar dat doet aan het resultaat niets af. In dit verband kan een snelle, wat grovere bewerking van de analyseresultaten worden gememoreerd, welke althans een aanwijzing geeft omtrent de afwijkingen, de grootte van P^* en de waarde van A.

Als men $p:b = m$ stelt en $(1-p):b = n$, dan blijkt de waarde van $m:n$ meestal in de buurt van 3 te liggen. Indien men nu de waarde van $3 \log v - \log(P-v)$ tegen de pF uitzet, ontstaat een rechte (zie fig. 4). Men vindt een benadering van het asymptotisch poriënvolume voor

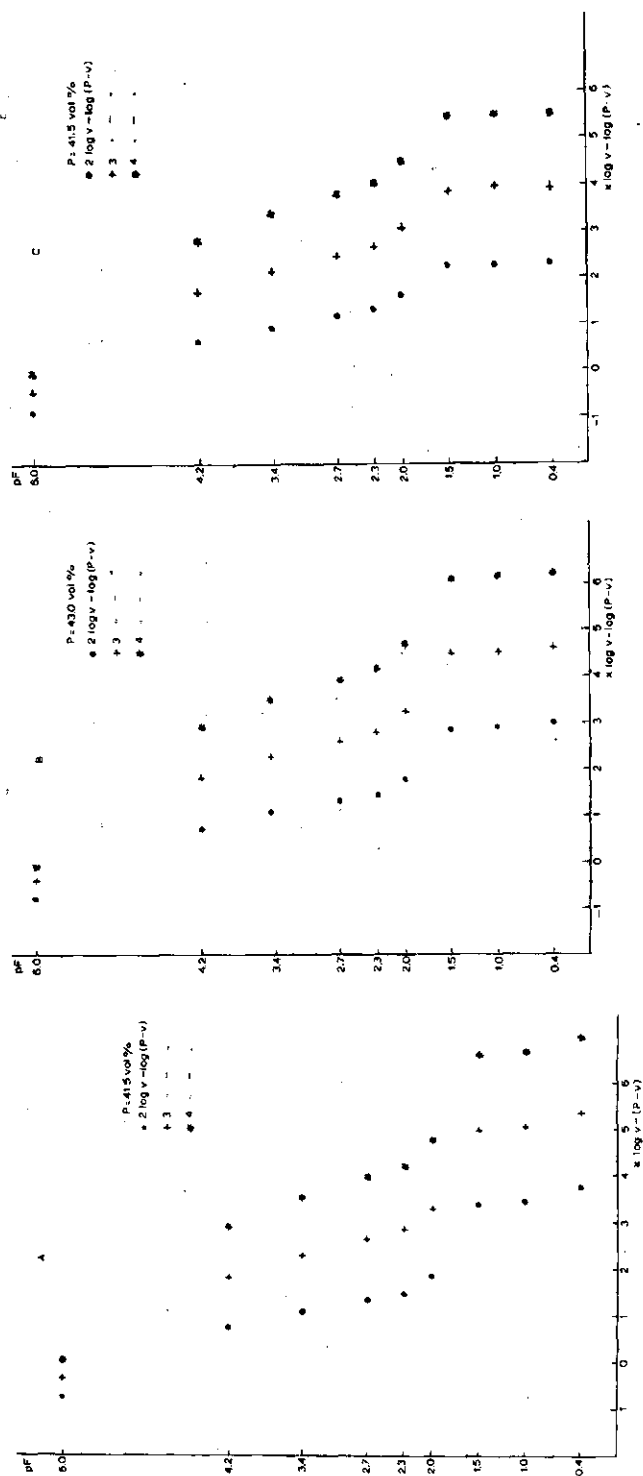


Fig. 5. De knik als gevolg van de aanwezigheid van een luchtuittredepunt blijft ook bij deze vorm van vereffening bestaan

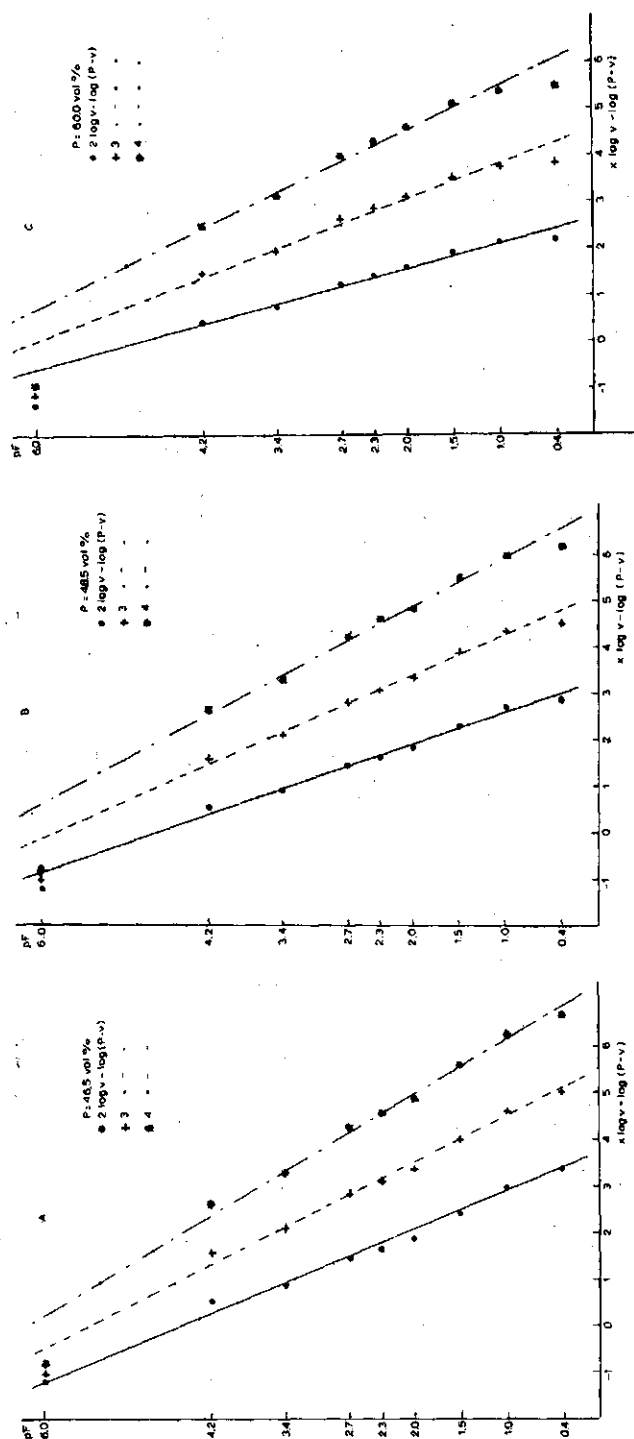


Fig. 6. De grootte van x in $x \log v - \log(P-v)$ heeft geen invloed op het resultaat als het gaat om het snel onderkennen van afwijkingen, evenmin als de grootte van het poriënvolume

de waarde van $3 \log v - \log(P-v)$ bij $pF = 0$ en een benadering van de waarde van A voor $3 \log v - \log(P-v) = 0$.

Het is evenwel niet zo, dat men door het hanteren van deze methode er in zou kunnen slagen de knik in de natte tak bij aanwezigheid van een luchtuittredepunt te elimineren. Als bewijs hiervoor zijn de figuren 5A, 5B en 5C bijgevoegd. Met drie sterk uiteenlopende waarden voor het asymptotisch poriënvolume en voor de waarde van $m:n$ achtereenvolgens gebruikend 2, 3 en 4 blijft de knik zich overal even sterk manifesteren (proefplek Salland, buis 5, diepte 25 cm).

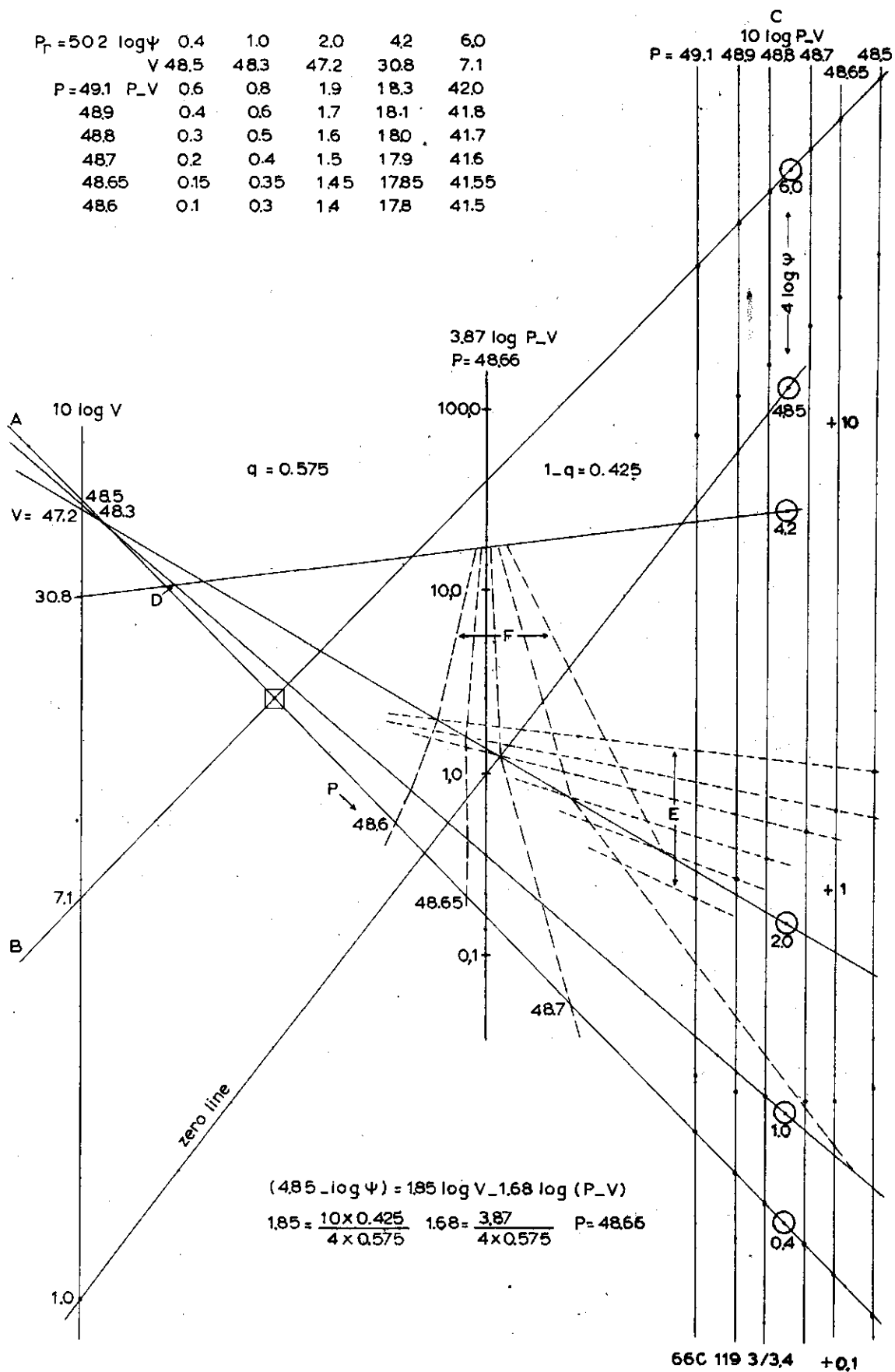
De figurenserie 6A, 6B en 6C laat zien, dat bij afwezigheid van een luchtuittredepunt genoemde methode wel geschikt is om snel een inzicht te verkrijgen in de afwijkingen en de waarde van P^* en A (proefplek Salland 3-1, diepte 65 cm).

Deze methode is dus met enige beperkingen zeer bruikbaar om een voorlopig inzicht te verkrijgen in waarden, die anders slechts na een tijdrovende grafische procedure te achterhalen zijn.

VISSER (1968, 1969) heeft zich eveneens bezig gehouden met het probleem hoe de waarde van het asymptotisch poriënvolume het nauwkeurigst is vast te stellen. Hij is daarbij uitgegaan van de methode met de drie evenwijdige verticale assen, één van de vier grafische vereffeningstechnieken, uitvoerig in Nota ICW 149 beschreven. Omdat deze methode in verband met de bewerkelijkheid wat op de achtergrond is geraakt, is het wellicht dienstig de gehele constructie aan de hand van een voorbeeld nog eens op de voet te volgen (fig. 7).

1. Teken de assen voor $\log v$ en $\log \Psi$ (pF). In verband met de gangbare papiermaten is het aan te bevelen de $\log v$ -eenheid = 10 cm te nemen en de pF -eenheid = 4 cm. De onderlinge afstand van de assen bedraagt 15 cm. Geef langs de $\log v$ -as de waarden van v aan en langs de pF -as de waarden van $\log \Psi$.
2. Trek de lijnen A en B, die gelden voor v bij pF 0,4 en pF 6,0 (men kan ook andere waarden kiezen).
3. Bereken $P-v$ voor een aantal waarden van P (zie tabel).
4. Bepaal bij de geldende $\log v$ -eenheid de totale afstand: $\log(P-v_{6,0}) - \log(P-v_{0,4})$ voor de verschillende gekozen waarden van P en bepaal de plaatsen, waar deze afstanden juist tussen de A- en

$P_r = 50.2 \log \psi$	0.4	1.0	2.0	4.2	6.0
V	48.5	48.3	47.2	30.8	7.1
$P = 49.1$	P_V	0.6	0.8	1.9	18.3
48.9		0.4	0.6	1.7	18.1
48.8		0.3	0.5	1.6	18.0
48.7		0.2	0.4	1.5	17.9
48.65		0.15	0.35	1.45	17.85
48.6		0.1	0.3	1.4	17.8



de B-as passen. Dit zijn de verticale C-lijnen.

5. Op deze C-lijnen worden de P-v waarden uit de tabel aangebracht (dit is in de figuur vanwege de duidelijkheid niet gedaan).
6. Het intersectiepunt op de A-lijn en de B-lijn (het vierkant) wordt nu verbonden met de verschillende $\log(P-v)$ waarden op de C-lijnen. Dit zijn de E-lijnen (vanwege de duidelijkheid is dit op de figuur alleen voor $\log(P-v)$ bij $pF = 2,0$ gedaan).
7. De D-lijnen verbinden de $\log v$ punten met de overeenkomstige pF-waarden op de rechtse as. Er ontstaan nu een serie snijpunten van de D-lijnen met de E-lijnen voor dezelfde pF-waarden. Dit zijn de F-lijnen (op de figuur alleen voor pF 2,0 uitgewerkt). De P-waarde, waarbij de F-lijn verticaal en recht wordt is de juiste.

Men kan het best deze bewerking per P-waarde afzonderlijk uitvoeren. De schaaleenheid (3.87) wordt gevonden door de totale waarde van $\log(P-v)$ op de pF-as te delen door de waarde van p (in dit geval 0,575). De waarden van de andere parameters volgen uit de voorbeeldberekening op de figuur.

Ook deze grafische bewerking heeft een zwakke zijde. Ze is gevoelig voor de juistheid van de analyses bij de pF-waarden, die als A- en B-lijnen worden gekozen. In geval er een luchtuittredepunt vermoed wordt, is het verstandig met de keuze van de pF-waarde voor de A-lijn in ieder geval daarboven te blijven.

Indien men de aanwezige literatuur omtrent de verschillende grafische vereffeningstechnieken, die ten dienste staan, raadpleegt blijkt, dat er geen fundamentele verschillen bestaan als het er om gaat het juiste asymptotische poriënvolume te benaderen. Ze wijken hoogstens wat van elkaar af in meer ondergeschikte eigenschappen als bewerkelijkheid of nauwkeurigheid.

Al deze methoden hebben evenwel één aspect gemeen: zij vereffenen slechts het traject, waarin de waarnemingen zijn gelegen. Beschikt men over de gebruikelijke negen vóchtbepalingen, dan bestaat er de grootste kans op een bruikbaar resultaat met alle beschreven methoden. Treedt er evenwel een luchtuittredepunt op, dan betekent dit, dat een deel van de curve niet existeert. Dit is bij gebruik van alle vereffeningstechnieken even lastig als het er om gaat een enkele curve te

vereffenen. Uit fig. 3 is reeds gebleken, dat in een dergelijk geval met sterk uiteenlopende waarden voor het asymptotisch poriënvolume dezelfde resultaten te verkrijgen zijn. Men kan echter daar tegenover stellen dat niemand, die om praktische redenen incidenteel een pF-curve wenst te vereffenen, geïnteresseerd is in het asymptotisch poriënvolume. Voor hem kan deze ongevoeligheid voor de waarde van het asymptotisch poriënvolume alleen maar een geruststelling betekenen.

Gaat het er evenwel om een systeem van standaardcurven op te bouwen, dan kunnen er twee mogelijkheden worden onderkend:

1. Een luchtuittredepunt treedt incidenteel op bij profieltypen, die overigens ook zonder luchtuittredepunt blijken te bestaan. In dat geval zal er geen enkel bezwaar tegen kunnen bestaan deze incidentele gevallen in te passen in het gehele systeem.
2. Een luchtuittredepunt treedt op bij een bepaalde textuur en blijkt gebonden aan bepaalde profieltypen. In dat geval zullen deze profieltypen als afzonderlijke groep bewerkt kunnen worden en zal er eveneens geen bezwaar tegen kunnen bestaan een asymptotisch poriënvolume te gebruiken dat past in het systeem van standaardcurven van naastliggende profieltypen.

Het zal overigens een probleem zijn om de vraag of het optreden van een luchtuittredepunt profielgebonden is bij de huidige beschikbaarheid van volgende gegevens afdopende te beantwoorden.

SAMENHANG TUSSEN PROFIELKENMERKEN EN pF-PARAMETERS

I. Inventarisatie oudere bewerkingen

Reeds in een vroeg stadium van de ontwikkeling van de vereffeningstechniek is gezocht naar bovengenoemd verband. Het ligt immers voor de hand dat wanneer een dergelijk verband bestaat dit voor elke onderzoeker een groot voordeel moet zijn, omdat omslachtige monstername en tijdrovend laboratoriumonderzoek dan tot het verleden behoort.

Wat staat op dit moment reeds ten dienste om een inzicht in het gezochte verband te verkrijgen?

1. Een bewerking van gegevens, afkomstig uit het Geestmerambacht, waarin grafisch het verband werd vastgelegd tussen humus- en slibpercentage enerzijds en de vochtgehalten bij de gebruikelijke pF-waarden anderzijds. Het poriënvolume is niet in de bewerking opgenomen. Dit betreft zeekleigronden.
2. In de ruilverkaveling Hummelo-Keppel is een reeks zeer zorgvuldig uitgezochte pF-monsters genomen, zodanig dat U-cijfer en humuspercentage zoveel mogelijk constant bleven, doch dat het slibgehalte regelmatig opklimt. Een (U)itgebreid (G)ranulair (O)nderzoek-analyse is tevens aanwezig. Een duidelijke conclusie is toendertijd niet getrokken. Wel zijn enkele tendenties vastgelegd. Het materiaal is evenwel interessant genoeg om nog eens met de opgedane ervaring opnieuw bewerkt te worden.
3. Een grote polyfactoranalyse van vele en veelsoortige bemonsterde gebieden met een totaal van 1055 gegevens. Hierbij zijn de profielkenmerken slibpercentage, humuspercentage en U-cijfer gesteld tegenover de vochtgehalten bij pF 4,2 en pF 6,0. Er is vooral getracht een verband te vinden met bepaalde combinaties van de combinaties van de percentages van humus en slib, zoals de in de praktijk nog wel eens gehanteerde norm, welke inhoudt dat vier equivalenten humus evenveel vocht kunnen vasthouden als één equivalent slib. De bewerking heeft evenwel geen duidelijk resultaat opgeleverd.
4. Een bewerking van gegevens, afkomstig uit één van de twee zorgvuldig samengestelde standaardlijsten met opklimmende waarden voor humus- en slibgehalte. Hier stond echter niet zozeer het verband met de profielkenmerken voorop als wel het verband tussen de pF-parameters onderling. De bewerking is geheel afgerond en het resultaat in de vorm van eindgrafieken aanwezig.
5. Een bewerking van gegevens, afkomstig uit de Rottegatspolder in Groningen. De bodemfactoren zijn niet bekend. Een duidelijke relatie tussen de parameters A en p:b werd wel aangetoond.
6. Een zuiver theoretische benadering van de samenhang tussen de pF-parameters onderling. Hoewel in deze bewerking geen profielkenmerken zijn opgenomen, spelen die toch enigszins een rol via het poriënvolume, dat wel in de bewerking is opgenomen. De resultaten

hebben vooral enige waarde omdat zij aantonen binnen welke grenzen de parameterwaarden zich kunnen bewegen.

7. Nota 259 (FONCK 1964). In deze nota is nagegaan of er een verband bestaat tussen het vochtgehalte bij pF 4,2 en enkele bodemfactoren in twee zandgebieden. Het zijn in hoofdzaak twee hoofdinvoeden, die het verband tussen pF-parameters en profielkenmerken beheersen:

A Het humusgehalte bepaalt in hoofdzaak de grootte van het poriënvolume

B Het slibgehalte (of lutumgehalte) hangt sterk samen met het vochtgehalte bij pF 6,0.

II. R e s u l t a t e n v a n d e o u d e r e b e w e r k i n g e n

Het meest voor de hand ligt na te gaan hoe in de verschillende bewerkingen de invloed van het slibgehalte zich manifesteert alvorens de invloed van de meer complexe invloed van het humusgehalte te onderzoeken. Hiertoe staan hoofdzakelijk twee bewerkingen ten dienste: die van de gegevens uit het Geestmerambacht en van de gegevens uit de ruilverkaveling Hummelo-Keppel.

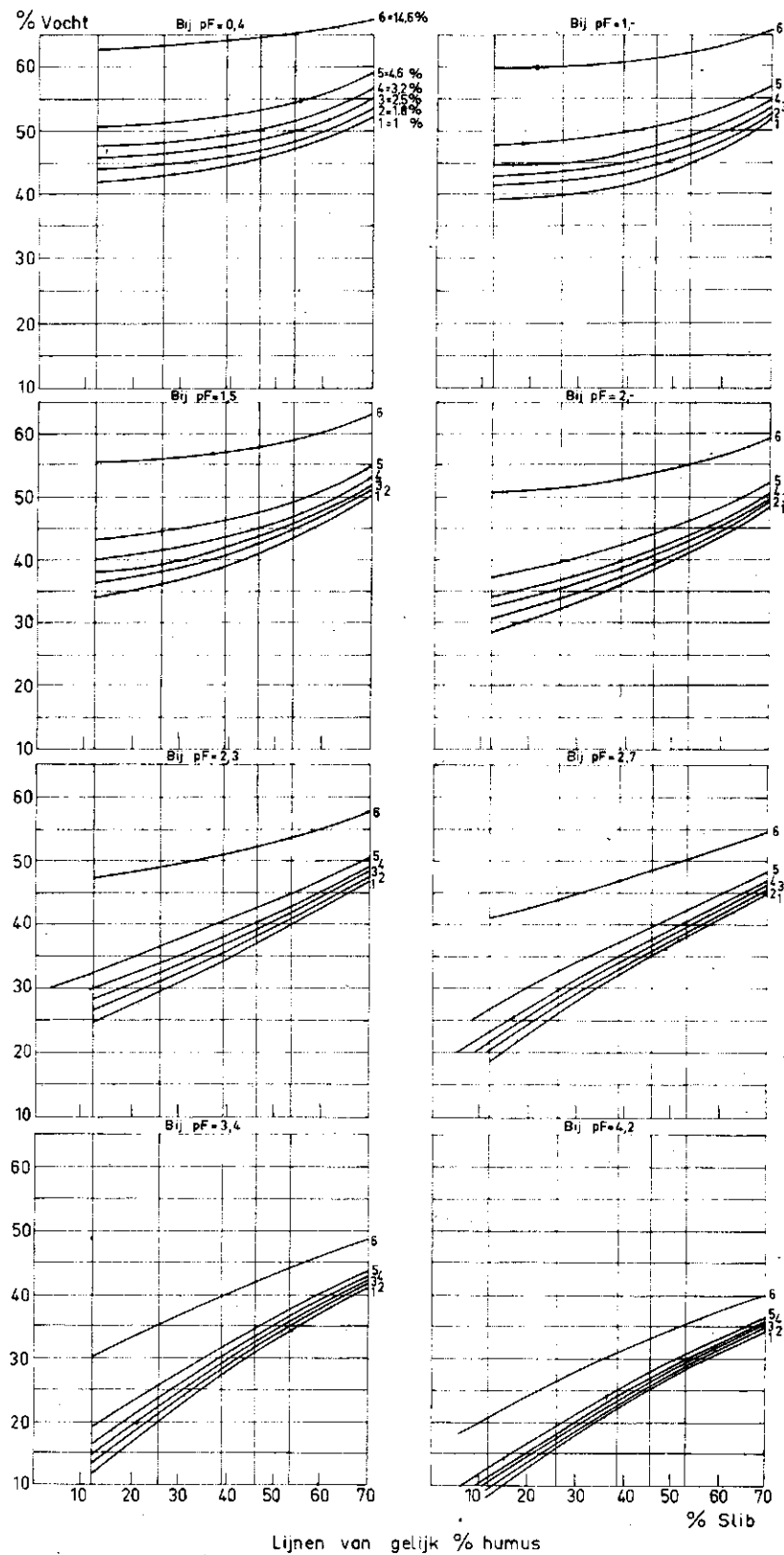
1. Geestmerambacht

Dit is het resultaat van een bewerking, daterend uit een periode waarin er van een pF-rechte nog geen sprake was. Willen we ons evenwel in hoofdzaak bepalen tot de slibinvloed dan is toch wel duidelijk te zien, dat, naarmate de pF-waarde stijgt (dus de grond uitdroogt) de invloed van het slibgehalte op het vochtgehalte zich duidelijker manifesteert (zie fig. 8).

2. Ruilverkaveling Hummelo-Keppel

Bij deze bewerking zijn de curven wel recht gemaakt alvorens tot een onderzoek naar een mogelijk verband over te gaan. Bij deze serie is de invloed van humus reeds bij de aanvang tot een uiterste beperkt door de proefplekken met grote zorg uit te zoeken. De invloed van de factor structuur is bovendien zoveel mogelijk geëlimineerd door niet alleen proefplekken met eenzelfde bodemgebruik doch tevens op eenzelfde diepte te bemonsteren. (50 cm).

pF ONDERZOEK
Geestmerambacht



Gebruik makend van de eigenschappen van de $3\log v - \log(P-v)$ methode zijn eerst de ergste afwijkingen gesignaleerd waarna de eigenlijke bewerking grafisch heeft plaatsgevonden. De resultaten daarvan zijn in de figurenserie 9 bijgevoegd. Bovendien zijn in tabel I de resultaten gerangschikt benevens de verkregen parameterwaarden. (Zie bijlage C).

Duidelijk kan worden vastgesteld, dat een toenemend slibgehalte een samenhang vertoont met de parameters p , b en A_v . De afgeleide parameters $p:b$ en A_p blijven daarentegen vrijwel constant. In tegenstelling tot de samenhang van het slibgehalte met de parameters p en b blijkt die met A_v nagenoeg lineair te zijn. Aangezien het hier gaat om resultaten van een bewerking van, weliswaar zorgvuldig uitgezocht maar van slechts weinig proefplekken afkomstig materiaal is het wellicht zinvol de gevonden samenhang voorlopig met enige reserve te presenteren.

3. De polyfactoranalyse van het veelomvattende materiaal dat in het Centraal pF-archief opgeslagen ligt, is helaas nooit geheel tot een goed einde gebracht. De belangrijkste oorzaak hiervan is geweest, dat ruim 1000 grafische vereffeningen toch wel een te grote opgave zijn geweest. Noodgedwongen is toen tot vereenvoudigingen overgegaan, die de resultaten waarschijnlijk teveel geweld hebben aangedaan. Zo is bijvoorbeeld het asymptotisch poriënvolume (dat toen nog niet als zodanig onderkend was) vastgesteld door bij het vochtgehalte bij pF 0,4 een zekere hoeveelheid vocht op te tellen, dat weliswaar geen vaste hoeveelheid was, omdat het enigszins afhankelijk was gesteld van humus- en slibgehalte, maar veel te weinig flexibel bleek om het gezochte verband te kunnen isoleren.

Bovendien vertoonde het materiaal nogal wat leemten. Zo waren van verschillende gebieden de vochtgehalten bij pF 6,0 niet bepaald, terwijl toch langzamerhand genoegzaam bekend mag worden verondersteld, dat juist dit vochtgehalte een duidelijk en ongecompliceerd verband vertoont met het slibgehalte en bovendien snel en eenvoudig te bepalen is. Van weer andere gebieden waren de vochtgehalten bij pF 6,0 pas bepaald vele jaren na de monstername. De resultaten vertoonden dan ook nogal eens onverklaarbare

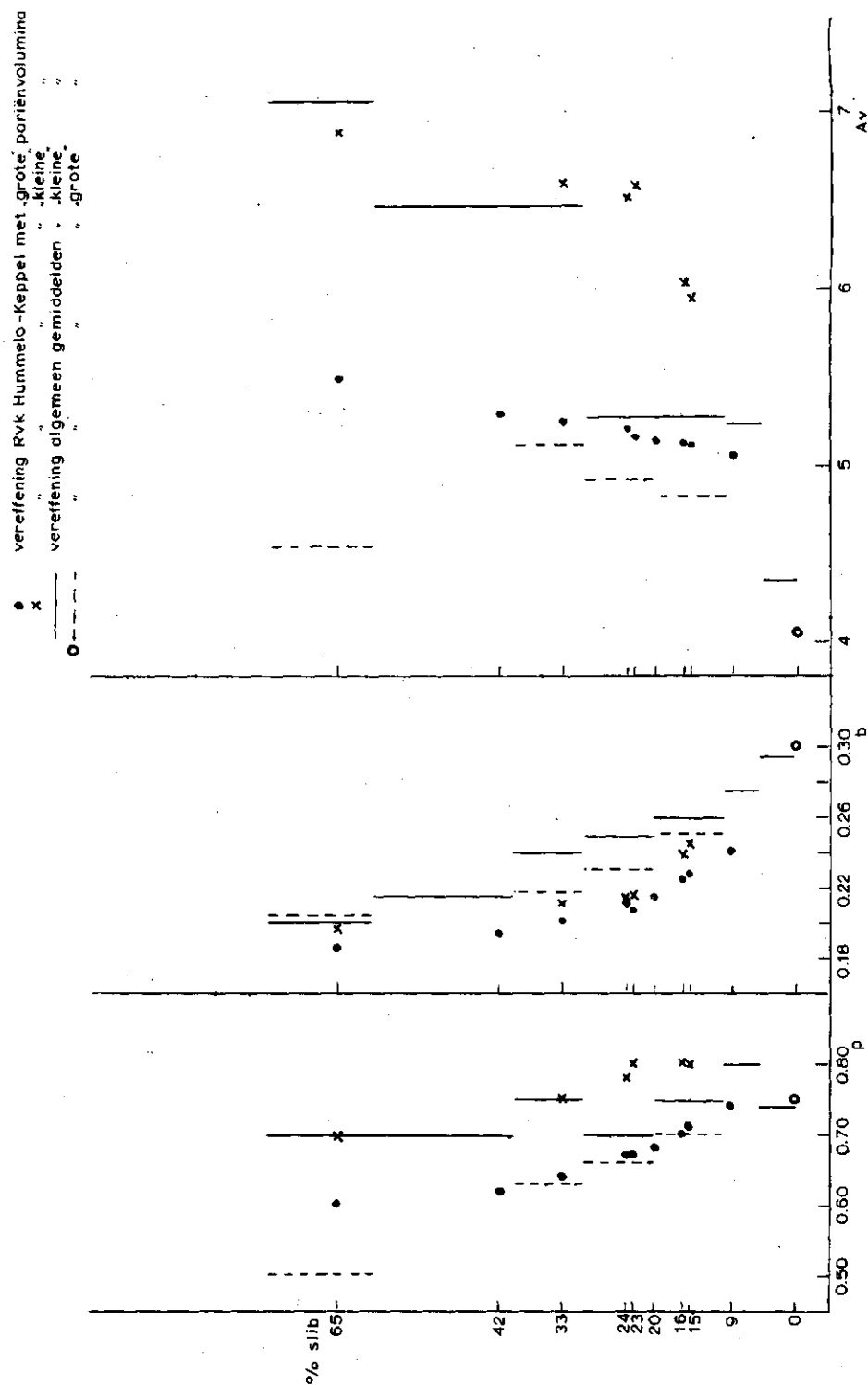


Fig. 9. Vereffeningresultaten van de kleigronden in de ruilverkaveling Hummelo-Keppel. Ter vergelijking zijn in deze figuur tevens opgenomen de vereffeningresultaten van andere vergelijkbare kleigronden

verschillen en tegenstrijdigheden. Alles bijeen bleken deze onvolkomenheden bij de toenmalige stand van de vereffenings-techniek, tē grote struikelblokken om de bewerking tot een goed eind te kunnen brengen.

4. Uit het omvangrijke materiaal dat in het Centraal pF-Archief is opgeslagen, zijn een tweetal lijsten samengesteld met zo volledig mogelijke pF-gegevens, die bovendien een zo groot mogelijk scala van onze Nederlandse bodemprofielen representeren.

Deze lijsten zijn beide als bijlage bijgevoegd.

De eerste lijst (verder lijst A genoemd) omvat 101 uiteenlopende pF-curven voorzien van de bijbehorende profielkenmerken.

De tweede lijst (verder lijst B genoemd) omvat 163 curven, waarvan een klein deel ook op lijst A voorkomt.

Van lijst A is een volledige numerische bewerking verricht terwijl dit later eveneens is gedaan met lijst B, doch niet van alle gegevens maar van 142 curven. De vereffening heeft plaatsgevonden volgens het schema in fig. 10 en is verricht door ABW-TNO. Dit was de eerste keer, dat een computer werd ingeschakeld om een groter aantal vereffeningen uit te voeren en het lijkt interessant om na te gaan in hoeverre de computer in staat is betere resultaten af te leveren dan de grafische methode. De factor tijdwinst staat natuurlijk buiten kijf.

De resultaten van de A-lijst gaven het volgende te zien:

van 5 curven stakte de bewerking direct. Er is dus met 96 curven verder gewerkt. Uit een voorlopige eindwaardering blijkt, dat 14 curven het slecht tot zeer slecht deden (7 zeer slecht, 4 slecht en 3 onzeker). Dit blijkt vooral uit het hoge aantal noodzakelijke herhalingen (3x tot 5x) en tevens uit het feit, dat $h (=p) + \Delta h (= \text{correctie } p)$ steeds negatief werd.

Voorts zijn er 19 curven, waarvan het aantal bewerkingen niet bijzonder groot is, maar het percentage onzekere uitkomsten wēl (3 goed, 6 slecht, 10 onzeker). Bij deze gevallen is $h + \Delta h$ steeds groter dan één of althans zeer hoog.

De resterende middengroep van 63 curven gaf, althans wat de bewerking betreft, geen bijzondere moeilijkheden, maar de

Formule gebruikt in nota 126 en bij grafische bewerking

$$\beta(\alpha - pF) = \log \frac{v^p}{(P-v)^{1-p}}$$

of

$$pF = \alpha - \frac{p}{\beta} \log v + \frac{1-p}{\beta} \log(P-v) \quad (1)$$

A.B.W.-T.N.O., Den Haag gebruikt:

$$a - b(pF) = H \log \frac{v}{p} - (1-H) \log \frac{P-v}{P} \quad (1a)$$

of

$$pF = \left(\frac{a}{b} + \frac{H}{b} \log P + \frac{H-1}{b} \log P \right) - \frac{H}{b} \log v + \frac{1-H}{b} \log(P-v)$$

en met $b = \frac{b'}{2,303}$

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{a}{b'} + \frac{H}{b'} \ln P + \frac{H-1}{b'} \ln P \right) - \frac{H}{b'} \ln v + \frac{1-H}{b'} \ln(P-v) \\ &= A + B \ln v + C \ln(P-v) \end{aligned} \quad (2)$$

In vroegere programma's (vóór april '62) werd gegeven A,B,C.

Later werd (2) weer herleid op (1a) met

$$A = \frac{a}{b} + \frac{H}{b} \ln P + \frac{H-1}{b} \ln P = \frac{a}{b} + \frac{2H-1}{b} \ln P$$

$$B = -\frac{H}{b}$$

$$C = \frac{1-H}{b}$$

waaruit dus volgen

$$b' = \frac{1}{C-B}$$

$$H = -Bb'$$

en weer met $a = \frac{a'}{2,303}$

$$a' = Ab' - (2H-1) \ln P$$

in nieuwe
programma

B

H

A

De resultaten met de bepalingen van na mei '62 worden nu herleid op (1) met

$$P = H$$

$$\beta = \frac{B}{2,3026}$$

$$\alpha = \frac{1}{B} \{ A + (2H-1) \ln P \} \quad \text{met } e \ln$$

of eventueel

$$\alpha = \frac{1}{\beta} \left\{ \frac{A}{2,3026} + (2H-1) \log P \right\} \quad \text{met } 10 \log$$

resultaten moesten toch wel met enige reserve worden gehanteerd (34 goed, 7 slecht en 22 onzeker). Bij deze groep ligt de waarde van $h + \Delta h$ normaal tussen 0 en 1.

Deze eerste numerische bewerking heeft het inzicht in de mogelijkheden maar tevens in de moeilijkheden van een numerische bewerking verdiept en vooral aangetoond, dat het aangeboden materiaal aan zekere eisen moet voldoen:

1. Grote afwijkingen in de analyseresultaten leiden bij een computerbewerking tot het stokken van de machine of tot absurde of volkomen irreële parameterwaarden. Bij een grafische bewerking worden deze afwijkingen veelal reeds tijdens de vereffening tijdig onderkend. Dit vermogen mist de computer ten enen male.
2. In het verzamelde uitgangsmateriaal waren nogal wat curven, welke een min of meer duidelijk luchtuittredepunt vertoonden. Een computer weet met dergelijke gegevens geen raad indien hierin in het programma niet is voorzien. En in het programma was hierin niet voorzien omdat toen (d.w.z. oct. 1962) omtrent het luchtuittredepunt en het daarmee samenhangende asymptotische poriënvolume nog (te) weinig bekend was.

Enkele tendenties, die zich toen hebben aangediend, verdienen wel te worden gememoreerd.

- A. Er zou een lineair verband bestaan tussen p en b , hetgeen bevestigd wordt door de resultaten van de bewerking van Hummelo-Keppel
- B. Er zou een niet-lineair verband bestaan tussen $p:b$ en A_p
- C. Er zou geen enkel verband bestaan tussen p en P

Een numerische bewerking van de 142 curven van lijst B heeft tot gelijksoortige resultaten geleid. Resumerend kan men stellen, dat deze bewerkingen een behartenswaardig inzicht hebben verschaft in de mogelijkheden en vooral van de moeilijkheden van een numerische bewerking met een computer.

Als enigszins zijdelings resultaat is op grond van deze eerste bewerkingen wel enig inzicht verkregen in de grootteorde van enkele parameterwaarden en vooral van de grootteorde van hun onderlinge verhouding. Zo is vastgesteld kunnen worden, dat de

waarde van het quotient $p:b$ vrijwel steeds tussen 2,2 en 3,6 ligt, althans bij de profielen, die in de tot nu toe beschreven bewerkingen waren opgenomen.

In nota 149 (FONCK, 1962) is op bladzijde 43 (zie bijbehorende figuur 21) aangetoond, dat de raaklijn aan de nagenoeg rechte droge tak van de log v-curve een helling bezit, gelijk aan de waarde van $p:b$. Wanneer men door toepassing van de formule:

$$\log \frac{6,0 - 4,2}{v_{4,2} - \log v_{6,0}}$$

deze helling berekent kan men reeds van tevoren een inzicht verkrijgen in de betrouwbaarheid van de analysebepalingen van deze beide vochtgehalten. Dit kan vooral bij bepalingen van oudere datum wel eens nodig blijken.

In dezelfde nota is in Hoofdstuk VIII (bladz. 27) en in Hoofdstuk XII (bladz. 46) uitvoerig de vereffeningsmethode met gebruikmaking van standaardbladen beschreven. Het is mogelijk met deze standaardbladen als basis het gebied af te bakenen, waarbinnen reële combinaties van p en b mogelijk zijn, uitgaande van bovengenoemde waarden waartussen $p:b$ zich kan bewegen. (Fig. 11).

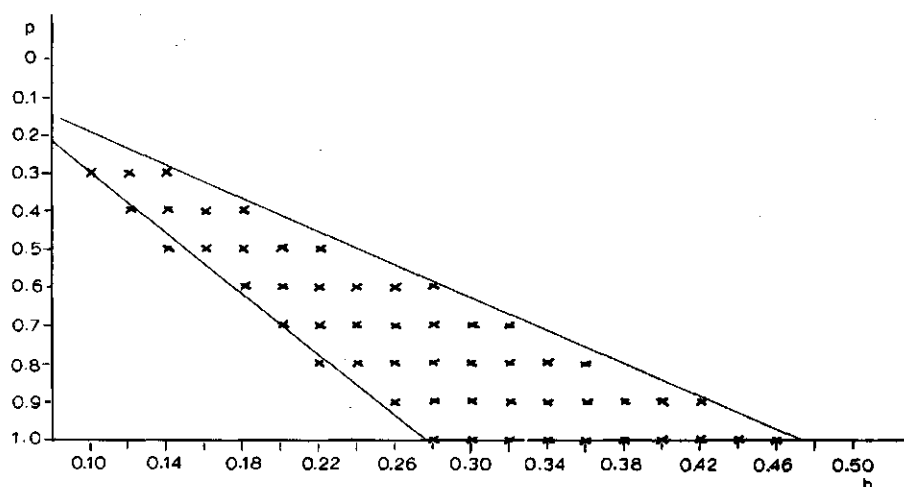


Fig. 11. De reële combinaties van de waarden van de parameters p en b

Aangezien de ongeveer 190 numerisch vereffende pF-curven een waardevol bezit waren in tweeërlei opzicht: 1 door de vrij hoge kosten die met een computerbewerking gemoeid zijn, 2 door de zorgvuldige samenstelling van het pakket gegevens, die zo goed mogelijk de variatiemogelijkheden in de profielkarakteristieken moesten weergeven, is van dit basismateriaal nogal eens gebruik gemaakt om verder onderzoek te verrichten.

Zo is met hetzelfde vereffende materiaal als uitgangspunt een onderzoek verricht met als doel na te gaan of er tussen de verkregen parameters onderling een samenhang vast te stellen valt, ongeacht een eventueel verband met de profielkenmerken. Daartoe is het beschikbare materiaal opgesplitst in groepen met eenzelfde poriënvolume. Duidelijk zij gesteld, dat hiermede bedoeld is het asymptotisch poriënvolume. De groepen, waarin het materiaal was opgesplitst, had als begrenzingen:

As. poriënvolume: 30 - 40 vol%
40 - 50 vol%
50 - 60 vol%
60 - 70 vol%
> 70 vol%

Bij de talrijke voorafgaande pogingen om tussen de parameters onderling een relatie vast te stellen, was reeds een zekere samenhang gevonden tussen A_v en $p:b$ en tussen

A_p en $(1-p):b$

Voor de laatstgenoemde relatie kan ook $(2p-1):b$ genomen worden, omdat $2p-1=p-(1-p)$. Dat genoemde relaties ook in het gememoreerde materiaal duidelijk aanwezig waren, komt tot uiting in de figurenseries 12A t/m 12E en in 13A t/m 13D.

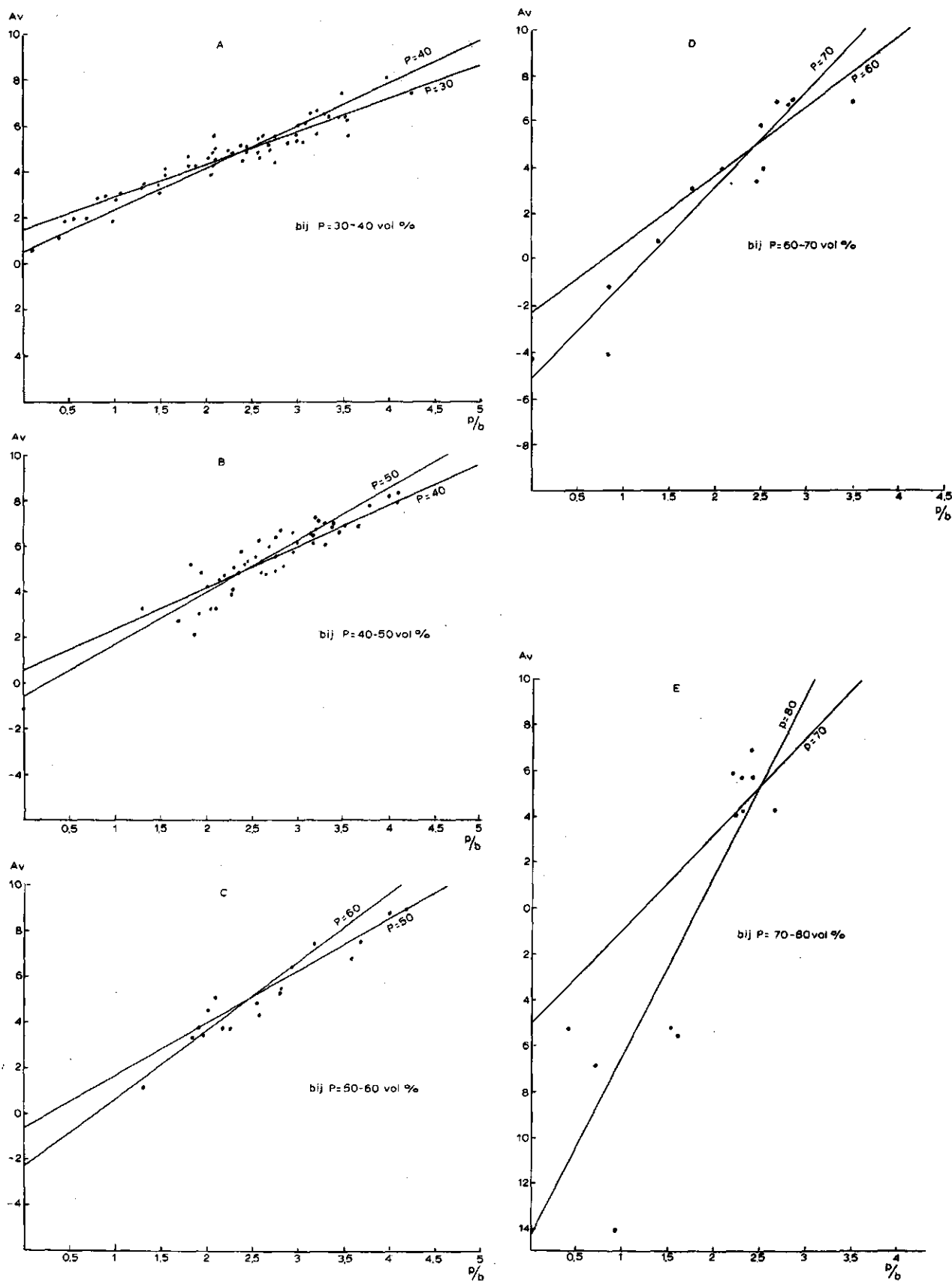


Fig. 12. De onderlinge samenhang tussen de parameters van 190 numerisch vereffende curven

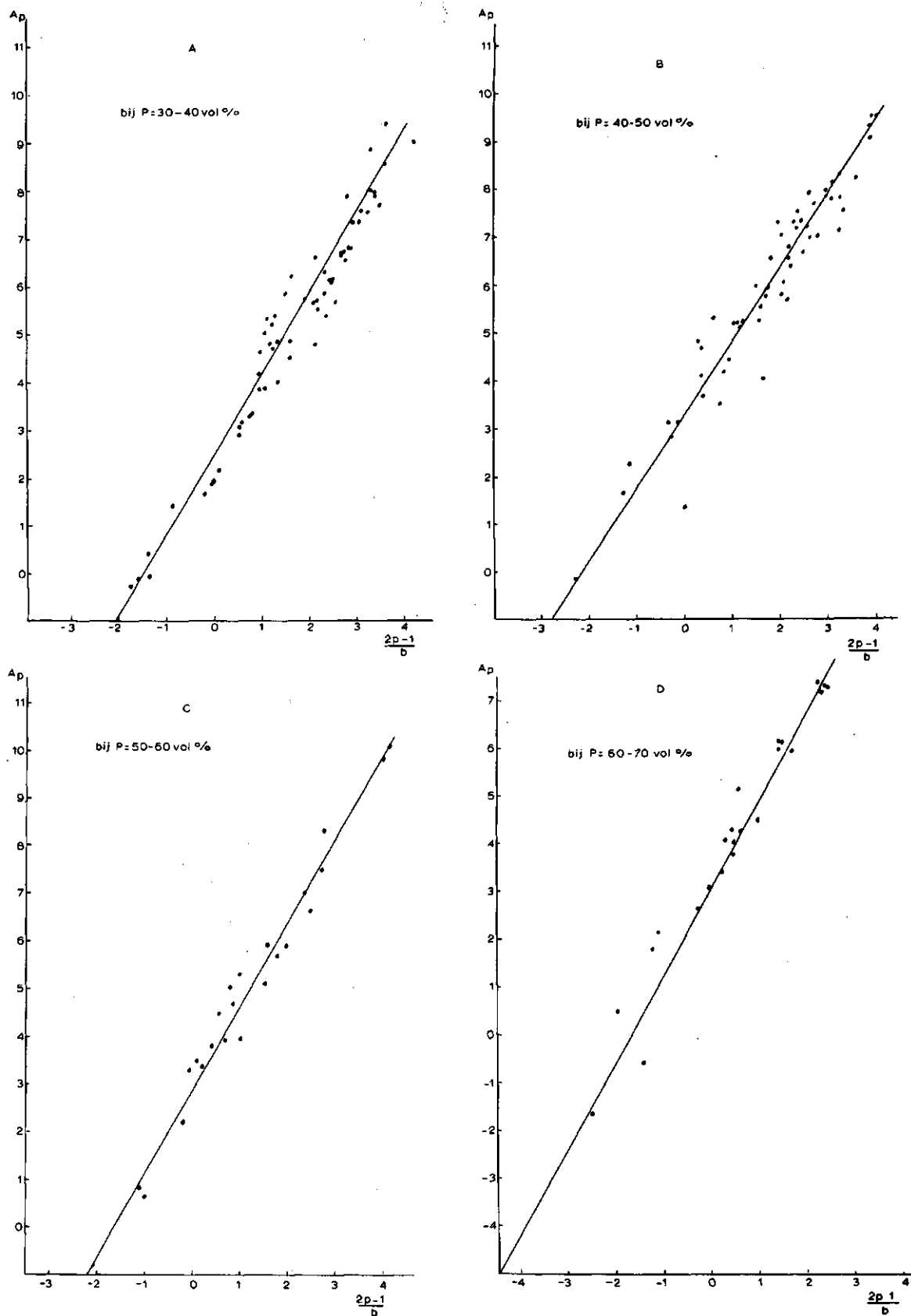


Fig. 13. De onderlinge samenhang tussen de parameters van 190
numerisch vereffende curven

Indien de gezochte samenhang wordt weergegeven door

$$A_v = g (p:b) + S \quad \text{en door}$$

$$A_p = f (1-p):b + R$$

dan blijkt, dat g en S maar ook f en R met het poriënvolume samenhangen zoals in fig. 14 is aangegeven. Deze relatie kan als volgt worden uitgedrukt:

$$g = 8,05 - 3,9 \log (80-P)$$

$$S = 9,4 \log (80-P) - 14,5$$

$$\log f = 3,68 - 2,143 \log P$$

$$R = 0,064 P - 2,125$$

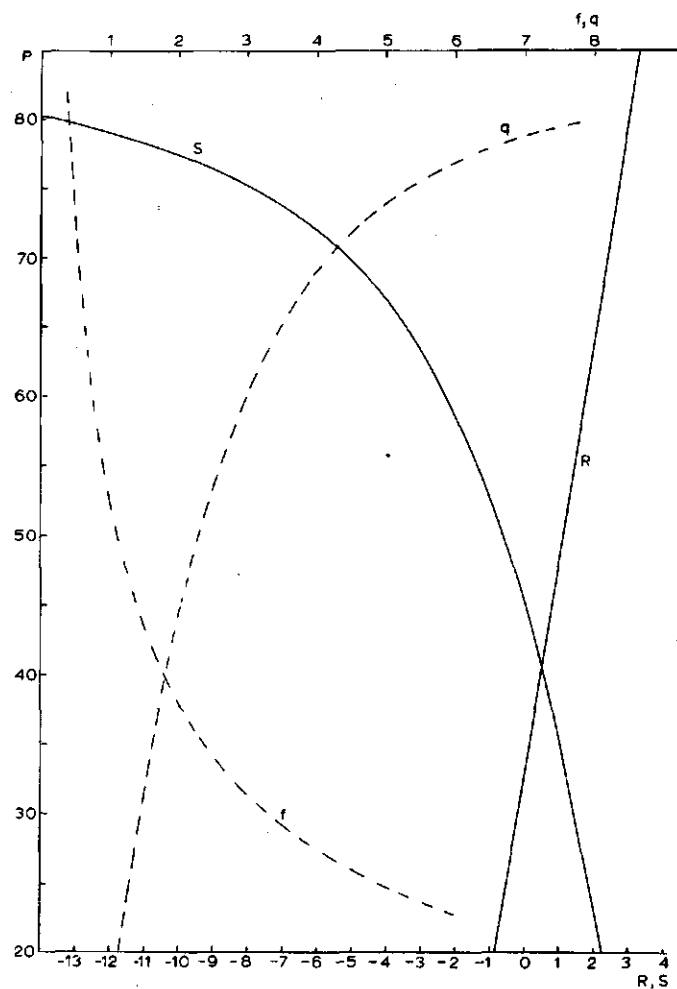


Fig. 14. Een verdere uitwerking van de samenhang tussen de parameters in fig. 12 en fig. 13

Door substitutie van deze formules in de volgende formule:

$$A_p = A_v + \frac{2p-1}{b} (2 - \log P) \quad (6)$$

ontstaat een formule, waarmee het mogelijk is voor elke waarde van het poriënvolume de verhouding tussen p en b uit te rekenen. Deze formule (6) die overigens in de meermalen gememoreerde nota 149 is besproken, vormt de brug tussen het vochtgehalte, uitgedrukt in volumeprocenten vocht en uitgedrukt in delen van het poriënvolume. Voor v in volumeprocenten geldt:

$$b(A_v - pF) = p \log v - (1-p) \log (p-v)$$

Voor v in delen van het poriënvolume geldt:

$$b(A_p - pF) = p \log v\% - (1-p) \log (100-v\%) \text{ waarbij}$$

$$v\% = v:0,01P \text{ of } v\% = 100v:P$$

Men kan de gebruikelijke algemene formule nu schrijven als:

$$\begin{aligned} b(A - pF) &= p \log \left(\frac{100v}{P} \cdot \frac{P}{100} \right) - (1-p) \log \frac{100(P-v)}{P} \cdot \frac{P}{100} \\ &= p \log (v\% \cdot \frac{P}{100}) - (1-p) \log (100-v\%) \cdot \frac{P}{100} \\ &= p \log v\% + p \log \frac{P}{100} - (1-p) \log (100-v\%) - (1-p) \log \frac{P}{100} \\ &= p \log v\% - (1-p) \log (100-v\%) + (2p-1) \log P - (2p-1) \log 100 \\ &= p \log v\% - (1-p) \log (100-v\%) - (2p-1)(2 - \log P) \end{aligned}$$

$$A_v = -\frac{2p-1}{b} (2 - \log P) + (p \log v\% - (1-p) \log (100-v\%)) : b + pF$$

$$A_p = \frac{(p \log v\% - (1-p) \log (100-v\%)) : b - pF}{1}$$

$$A_p - A_v = \frac{2p-1}{b} (2 - \log P)$$

Figure 1 is a graph showing the dependence of the average degree of polymerization (\bar{A}_v) on the degree of polymerization (P). The y-axis (\bar{A}_v) ranges from 0 to 9. The x-axis (P) ranges from 35 to 80. The graph displays two sets of curves: solid lines representing constant values of b and dashed lines representing constant values of p . The legend at the bottom indicates: — lijnen van gelijke b and - - - lijnen van gelijke p .

31

5. Een laatste manier, die ten dienste staat om de (grafische) bewerking wat minder ingewikkeld te maken (ook de nu volgende techniek stamt uit de periode, dat alléén nog een grafische vereffeningstechniek ten dienste stond) is reeds aangegeven in de meermalen genoemde basisnota 149 (hoofdstuk VII, blz. 24). De voorwaarde voor de hierin geschetste vereenvoudiging was de aanname, dat het vochtgehalte steeds nul bedraagt bij $pF = 7$. Enkele proefberekeningen leverden op zeer snelle wijze goede resultaten op, doch andere profielen lieten zich door deze vereenvoudigde vereffening niet bevredigend bewerken. De conclusie ligt voor de hand, dat niet voor alle profielen het vochtgehalte bij $pF = 7$ nul bedraagt. Toch blijft het de moeite waard na te gaan, bij welke pF -waarde absoluut geen vocht meer aanwezig is, omdat, wanneer dit kan worden vastgesteld, een niet onaanzienlijke vereenvoudiging van de bewerking kan worden verkregen. Aangezien er bij $pF 6,0$ reeds een nauw verband bestaat tussen vochtgehalte en slibgehalte, moet een even nauw verband tussen slibgehalte en de pF -waarde waarbij $v = 0$ tot de mogelijkheden worden gerekend.

Alle onderzoeken en bewerkingen, die in de loop van de periode tussen 1962 en 1974 verricht zijn, hebben tot resultaat gehad, dat in kwalitatieve zin een inzicht is verkregen in de relaties, die onweerlegbaar bestaan tussen profielkenmerken en parameters, die de pF -rechte beheersen, zowel als tussen die parameters onderling. Kwantitatief mogen de in deze periode verkregen resultaten evenwel nog niet als het laatste woord op dit gebied worden gequalificeerd, omdat bij de toenmalige ervaring de gehele problematiek rondom het werkelijk en het asymptotisch poriënvolume, vooral opgemerkt door de erkenning van het luchtuittredepunt, onvoldoende is onderkend. De gevolgen daarvan, die zich uitten in een ogenschijnlijk onsamenhangende variatie van de parameterwaarden werden toendertijd onderhouden als weliswaar hinderlijk, doch inhaerent aan de methode. Het heeft er nu alle schijn van, dat de mogelijke verschillen tussen het werkelijk en het asymptotisch poriënvolume het uitvloeisel blijken te zijn van een flexibiliteit, die de oplossing van het gestelde doel binnen bereik brengt.

NIEUW EIGEN ONDERZOEK

Indien men zich niet al te zeer laat beïnvloeden door de wisselende resultaten, die met de hiervoor beschreven deelonderzoeken reeds waren verkregen, dan is het toch zeer wel mogelijk een zekere verwachting uit te spreken omtrent de relatie, die tussen de pF-parameters en de profielkenmerken moet bestaan.

Het moet tot de mogelijkheden worden gerekend een kwalitatieve samehang aan te tonen, terwijl een grafische bewerking van een zekere selectie van gegevens wellicht tevens de kwantitatieve relatie aan het licht vermag te brengen.

Het ligt hierbij het meest voor de hand gebruik te maken van een indeling, die jaren geleden al eens gemaakt is en waarbij al het toendertijd beschikbare pF-materiaal (3572 curven) is opgesplitst in groepen met opklimmend humus- en slibgehalte en U-cijfer.

De groepen, waarvan de gemiddelden verkregen zijn uit steeds méér dan 10 curven per groep, zijn in de bewerking opgenomen. Allereerst zijn deze gemiddelden bewerkt met de $3 \log v - \log (P-v)$ methode om een controle op grote afwijkingen uit te voeren en tevens de meest waarschijnlijke waarde van het asymptotisch poriënvolume te bepalen. Met de op deze wijze voorbewerkte gemiddelden is een vereffening uitgevoerd, waarvan de resultaten zijn samengebracht in tabel II (zie bijlage D).

Van sommige combinaties van profielkenmerken waren niet genoeg gegevens voorhanden om tot betrouwbare gemiddelden te komen. Gelukkig zijn er in de overblijvende combinaties twee volledige reeksen met respectievelijk opklimmend humus- en opklimmend slibgehalte bewaard gebleven.

Bij opklimmend slibgehalte kunnen de volgende tendenties worden geconstateerd:

1. De waarde van p verandert weinig en daalt bij opklimmend slibgehalte van 0,77 bij 0% slib tot 0,68 bij 65% slib. Bij de bewerking van de gegevens uit de ruilverkaveling Hummelo-Keppel was dezelfde tendens vastgesteld met p -waarden, die slechts 0,02-0,08 lager waren.

2. De waarden voor b dalen bij opklimmend slibgehalte van 0,29 bij 0% slib tot 0,20 bij 65% slib. Bij de bewerking van de gegevens uit de ruilverkaveling Hummelo-Keppel werden bij eenzelfde toename van het slibgehalte b-waarden gevonden, die varieerden van respectievelijk 0,27 tot 0,185. Een constant verschil van slechts 0,02.
3. In de A-waarden is wel een duidelijk verschil te constateren met die uit Hummelo-Keppel. Nu is er bij opklimmend slibgehalte een toename van de A_v -waarde van 4,05 bij 0% slib tot 7,07 bij 65% slib, terwijl in Hummelo-Keppel bij eenzelfde slibtoename een stijging van de A_v -waarde van 5,00 tot 5,50 te constateren viel.

Als de resultaten bij opklimmend humusgehalte in beschouwing worden genomen, dan kan de volgende tendens worden vastgesteld:

1. De waarde van p neemt af bij opklimmend humusgehalte van 0,80 tot 0,50.
2. De waarde van b neemt bij opklimmend humusgehalte eveneens af en wel in dezelfde mate als bij opklimmend slibgehalte.
3. De A_v -waarde neemt af bij opklimmend humusgehalte.

Er zijn dus enkele duidelijk aanwijsbare verschillen tussen de invloed van slib en van humus op de parameters, die aldus kunnen worden samengevat:

opklimmend slibgehalte	opklimmend humusgehalte
p neemt iets af	p neemt af
b neemt iets af	b neemt iets af
p:b neemt toe	p:b neemt af
A_v neemt toe	A_v neemt af
A_p neemt toe	A_p neemt af

Hoewel er in de twee onafhankelijk van elkaar uitgevoerde bewerkingen, die in tabel I en in tabel II zijn weergegeven, duidelijke overeenkomsten zijn aan te wijzen, is er toch ook één kenmerkend verschil en dat is, dat in de bewerking van tabel I (Hummelo-Keppel) de natte tak van de log v-curve minder steil verloopt dan bij de bewerking van tabel II. Men kan het ook zó uitdrukken: in tabel I is het verschil tussen het asymptotisch poriënvolum

en het eerstvolgende bepaalde vochtgehalte groter dan bij overigens overeenkomstige curven uit tabel II. In fig. 3 was reeds aangetoond, dat met gebruik van zeer uiteenlopende waarden voor het asymptotische poriënvolume nagenoeg dezelfde rechte tot stand kan worden gebracht, doch dan wel met eveneens uiteenlopende parameterwaarden. In het volgende overzicht wordt één en ander verduidelijkt:

P neemt toe	32 vol%	50 vol%	70 vol%
p neemt af	0,9	0,7	0,6
b neemt af	0,37	0,30	0,26
A_v neemt af	4,95	3,65	2,47
p : b blijft nagenoeg gelijk	2,43	2,33	2,31
(1-p):b neemt sterk toe	0,27	1,00	1,54
A_p neemt sterk af	6,02	4,05	2,59

Het gevolg van de onzekerheid omtrent de juiste waarde van het asymptotisch poriënvolume kan het best worden aangetoond door uit de tabellen I en II de curven te lichten met overeenkomstige profielkenmerken en de curven te reconstrueren met de parameterwaarden die uit de vereffening met twee verschillende waarden voor het asymptotisch poriënvolume zijn verkregen en wel zodanig, dat op de gegevens uit tabel I een waarde voor P wordt toegepast, waarvan de grootte gelijk is aan $v_{0,4}$ (tabel I) + $(P - v_{0,4})$ (tabel II) en omgekeerd. Het resultaat van deze weergave is te zien in tabel III (zie bijlage E). De volgens deze berekeningsmethode verkregen pF-waarden zijn nog eens tegen elkaar uitgezet in fig. 16.

Uit deze figuur kunnen een tweetal conclusies getrokken worden:

1. ten aanzien van de afwijkingen kan niet worden gesteld, dat het zwaartepunt van de afwijkingen steeds aan één zijde van de 45°-lijn is gelegen, hetgeen inhoudt, dat het er betrekkelijk weinig toe doet, hoe groot het asymptotisch poriënvolume wordt gekozen, iets wat al eerder was onderkend.
2. ten aanzien van de afwijking ten opzichte van de pF-waarde kan worden gesteld, dat er géén aanleiding is te concluderen, dat de relatieve grootte van het asymptotisch poriënvolume hierop enige invloed uitoefent. Dit wordt nog wat aanschouwelijker gemaakt in fig. 17, waar de vereffende curven zijn uitgetekend.

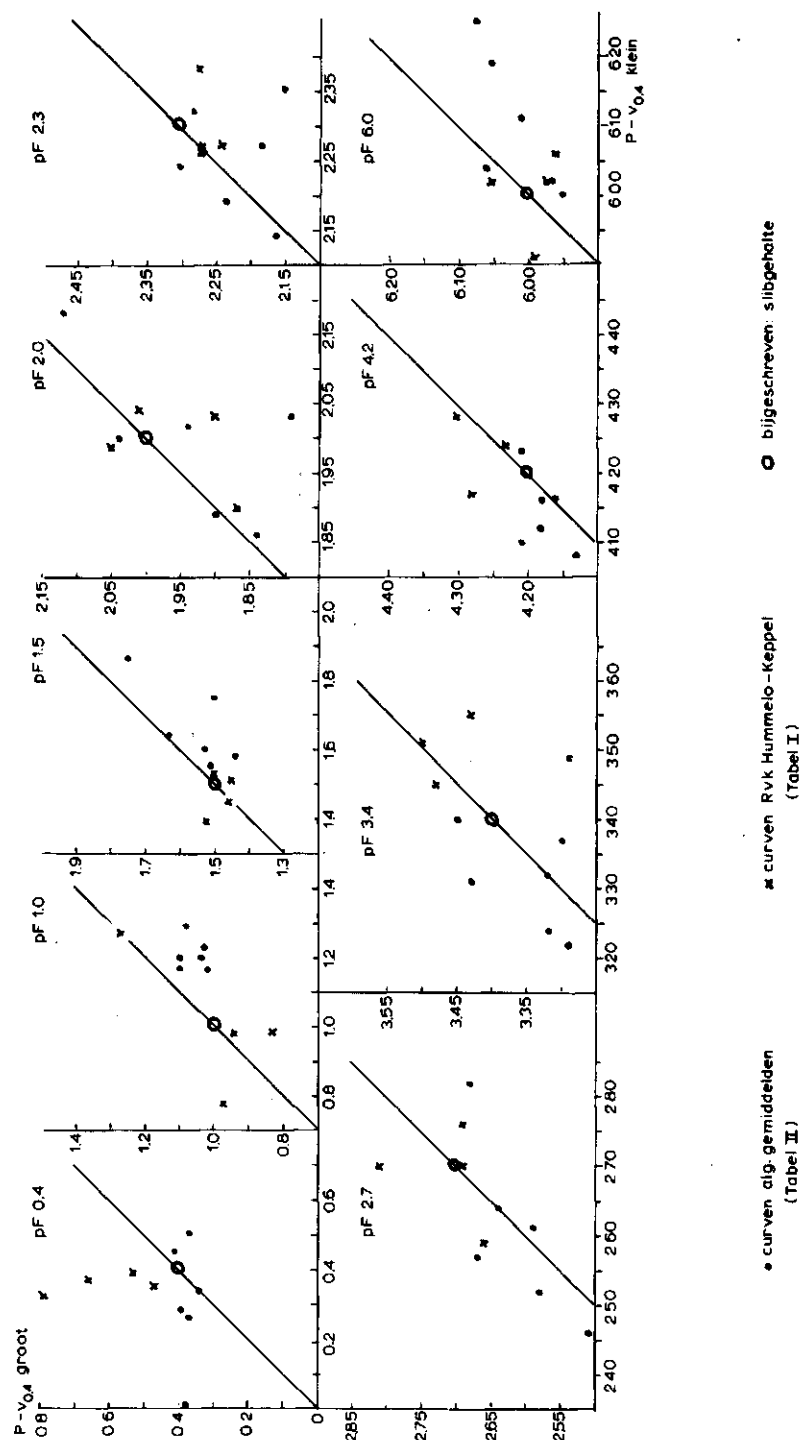


Fig. 16. Vergelijking van de invloed van de grootte van het poriën-
volume volgens tabel I en tabel II

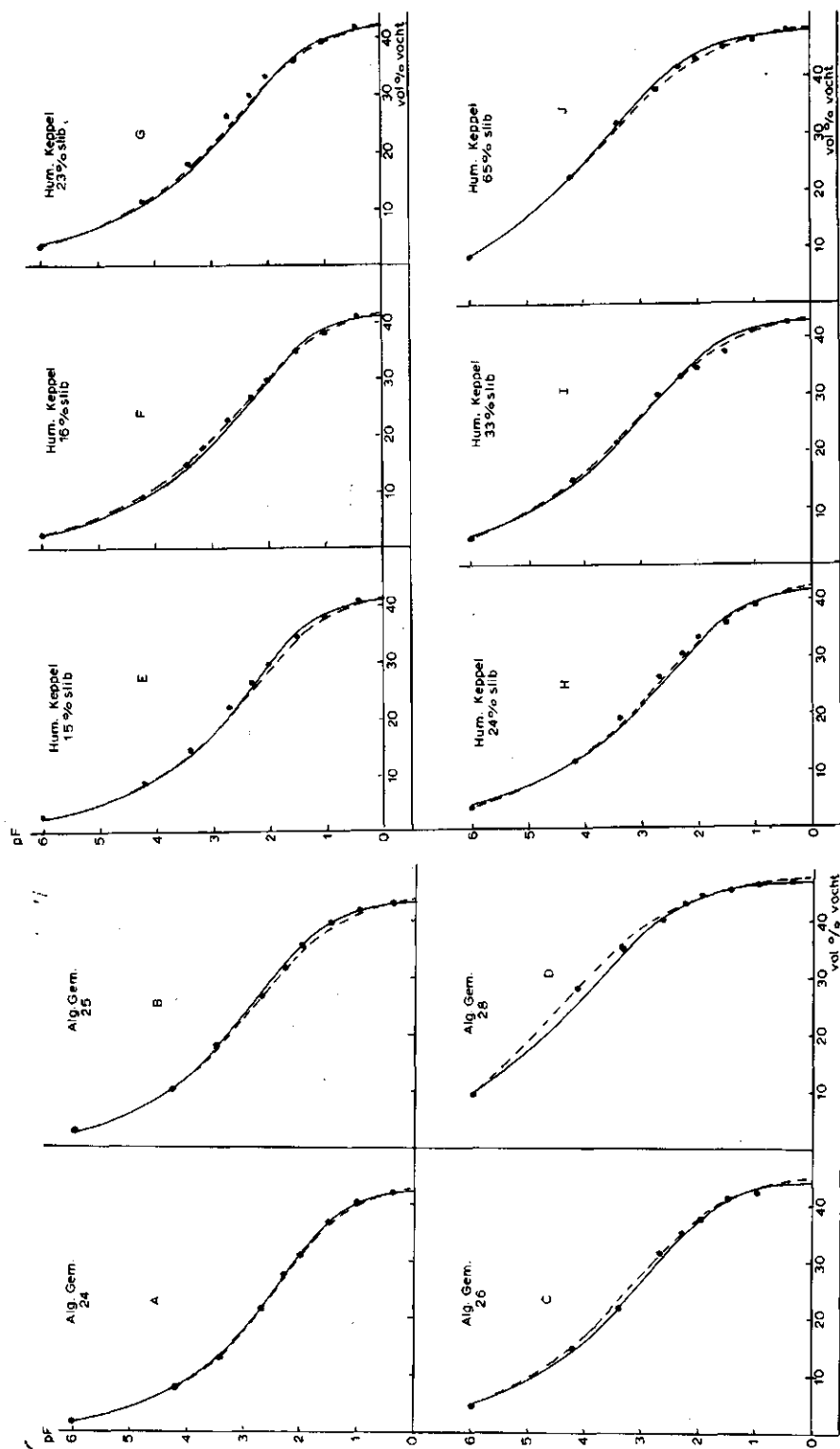


Fig. 17. Invloed van de grootte van het poriënvolume op het vereffeningsresultaat. Zie ook tabel III

Uit deze figuur blijkt, dat weliswaar in de natte tak een, overigens plausibel, verschil optreedt tussen de curve, vereffend met een relatief grote P en die, vereffend met een relatief kleine P, doch dat voor één van beide curven geen voorkeur kan worden uitgesproken. Zelfs indien de schijn zou zijn gewekt, dat één van beide curven de voorkeur verdient dan nog zou eigenlijk moeten worden nagegaan, welk aandeel bij de afwijking van de andere curve op naam van een eventuele analysefout zou moeten worden geschreven.

Een gevolg van de betrekkelijke ongevoeligheid van de vereffeningstechniek voor de grootte van het asymptotisch poriënvolume is, dat een gezocht verband met de profielkenmerken slechts kan worden aangetoond, als het asymptotisch poriënvolume volgens een vast principe vanuit het beloop van de curve wordt vastgesteld en niet de toegestande ongevoeligheidsmarge van het poriënvolume tot uitgangspunt wordt verheven, door beurtelings ruime en kleine poriënvolumina te gebruiken.

De maatstaven die zullen moeten worden gehanteerd wanneer volgens genoemd principe te werk wordt gegaan, zullen een basis vormen, van waaruit de hierna volgende bewerkingen zullen worden aangepakt.

NIEUWE BEWERKINGEN VAN NIEUW MATERIAAL

Bij het bewerken van pF-gegevens teneinde een eventueel verband tussen profielkenmerken en pF-parameters vast te leggen, kan op verschillende manieren te werk worden gegaan.

Men kan eenvoudig alle beschikbare gegevens grafisch of numerisch vereffenen en dan met de verkregen parameterwaarden het gezochte verband vastleggen. Aangezien dan echter noodzakelijkerwijs een aantal onvolledige curven in de bewerking opgenomen moeten worden om over voldoende spreiding te kunnen beschikken, valt te verwachten, dat het resultaat niet de nauwkeurigheid zal bezitten, die vereist is.

Veel gunstiger lijkt het daarom series pF-curven uit te zoeken die niet alleen met de grootst mogelijke nauwkeurigheid zijn geanalyseerd doch ook volledig zijn en dan de bewerking p e r g e b i e d uit te voeren. De gezochte relatie kan dan nauwkeuriger worden

vastgelegd terwijl bovendien beter kan worden nagegaan, welke profielkenmerken een rol spelen met andere woorden of bijvoorbeeld volstaan kan worden met een karakterisering door slib- en humusgehalte, of dat ook het U-cijfer dient te worden ingeschakeld of slib vervangen dient te worden door lutum.

Hoewel het aanbod van bemonsteringsresultaten, die aan alle te stellen eisen voldoen, niet bijster groot is, zijn er toch wel enkele gebieden bij, die om de één of andere reden aantrekkelijk zijn om te dienen als proefgebied. Om te beginnen is daar als representant van de kleigronden het Geestmerambacht. Het aantrekkelijke van de keuze van dit gebied is gelegen in het feit, dat reeds een (eerder gememoreerde) bewerking heeft plaatsgevonden teneinde de samenhang te achterhalen tussen de profielkenmerken slib en humus en de vochtgehalten bij de verschillende pF-waarden. Alleen is toen nog gewerkt met de pF-curve in de orthodoxe vorm. In bijlage F is de verantwoording voor deze bewerking, die door SNIJDERS is uitgevoerd, gegeven. Teneinde de figuur niet nodeloos onoverzichtelijk te maken, zijn de oorspronkelijke en de bewerkte curven weergegeven voor de hoogste en laagste voorkomende humusgroepen (resp. 14,6 en 1%) doch bij onverkort opklimmend slibgehalte. Vastgesteld kan worden, dat de vereffende curven de oorspronkelijke analyses redelijk nauwkeurig volgen.

Bij het beschouwen van deze bijlage de bedenking kunnen opperen dat bij de humusarme klei vooral de vereffeningen rond de pF-waarden 3,4 en 4,2 nogal afwijken van de analyses. Dit is evenwel zonder meer een gevolg van het ontbreken van de analyses bij pF 6,0. Analyses van het vochtgehalte bij pF 6,0 zijn in het algemeen wat betrouwbaarder dan die bij pF 4,2. Ze zijn echter helaas niet steeds voorhanden. Pas na de eerste bewerking van de analyses uit het Geestmerambacht is deze grotere betrouwbaarheid van de pF 6,0-gegevens voldoende onderkend. Deze zijn dan ook later geëxtrapoleerd op grond van de zeer nauwe relatie met het slibgehalte.

In fig. 18 zijn de verkregen parameterwaarden uit de vereffening bijeengebracht. Hierin zijn tevens opgenomen de parameterwaarden van de bewerking van de vergelijkbare rivierkleigronden uit de ruilverkaveling Hummelo-Keppel. Voor een volkomen onafhankelijk van

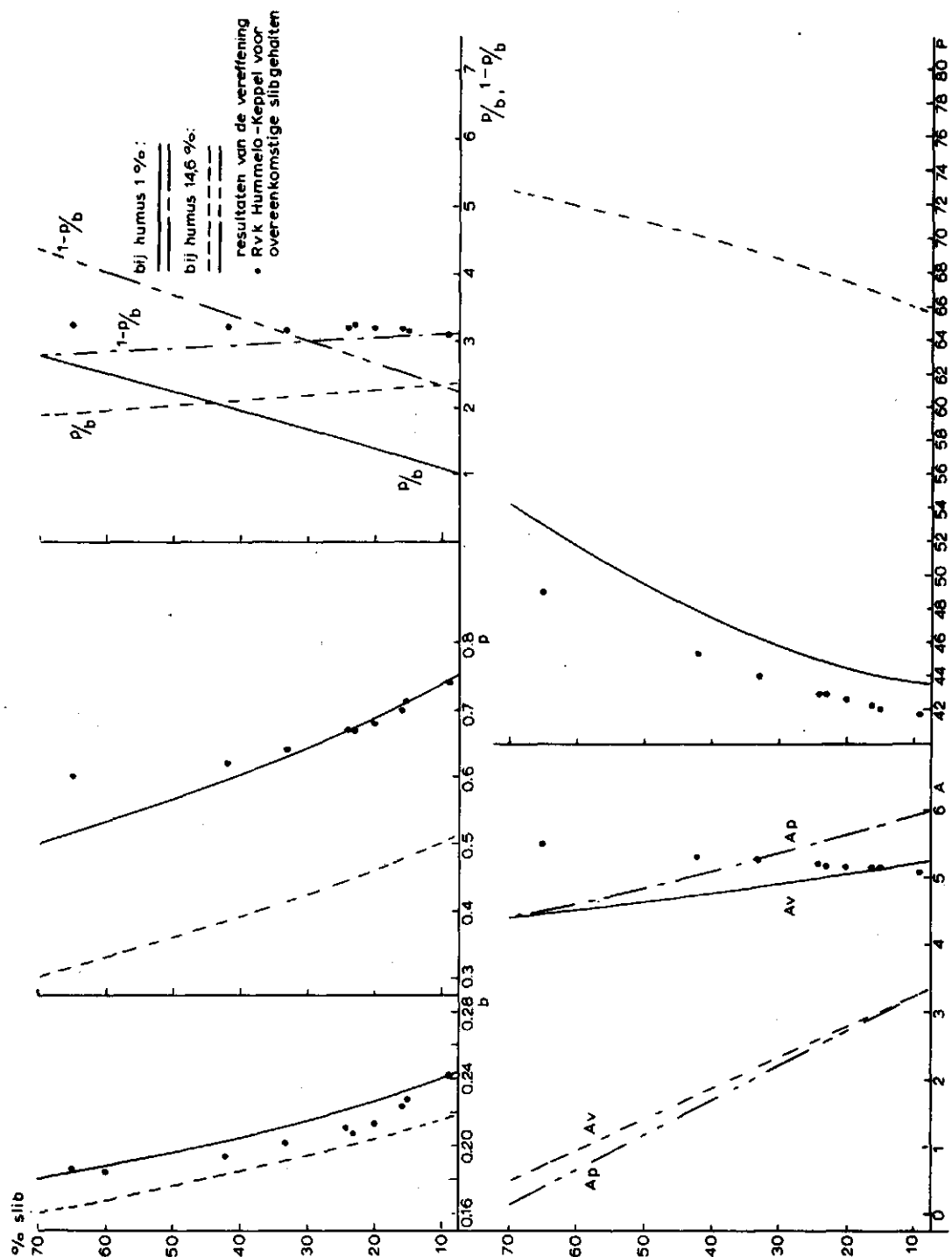


Fig. 18. Geestmerambacht. Overzicht van de samenhang van het slijtgehalte met de parameters

van elkaar uitgevoerde vereffening is de overeenkomst in parameterwaarden zeer geruststellend. De steeds iets kleinere poriënvolumina (asymptotisch) in de rivierkleigronden hebben misschien iets uitstaande met de karakteristieke verschillen tussen zee- en rivierkleigronden.

Het is evident, dat het slijbgehalte invloed uitoefent op de parameterwaarden en wel hoofdzakelijk op p en in mindere mate op b en A .

Een toename van het humusgehalte komt sterk tot uiting in de grootte van het as. poriënvolumen, maar dat is geen verrassing, terwijl de humusinvloed tevens tot uitdrukking komt in een sterke afname van A en p en in mindere mate van b .

In fig. 19 is de eerder bij detailonderzoeken ontdekte relatie tussen respectievelijk A_v en p en tussen A_p en $1-p$ nagegaan.

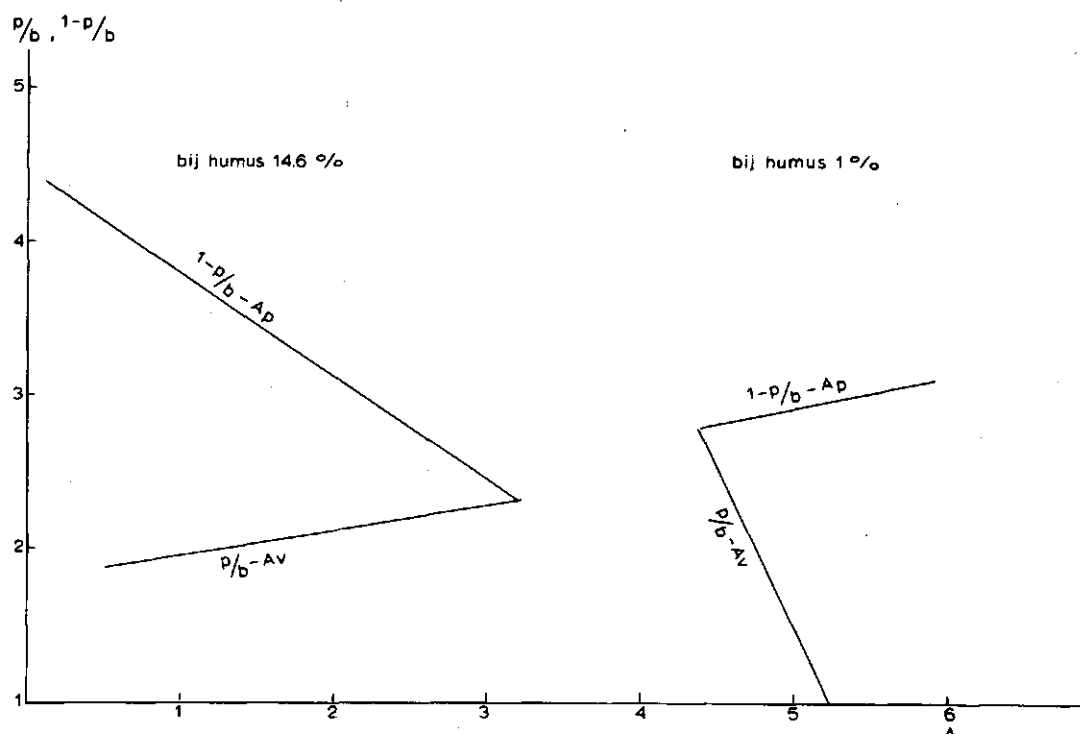


Fig. 19. De relatie tussen respectievelijk p/b met A_v en $1-p/b$ met A_p voor de parameters van de Geestmerambacht-vereffening

Dit verband blijkt ook hier aanwezig. Dit opent mogelijkheden voor een toekomstige vereenvoudiging van de vereffening omdat de $p:b$ -waarde

zonder voorkennis van het asymptotisch poriënvolume uit het beloop van de droge tak van de log v-curve redelijk nauwkeurig kan worden benaderd. Door middel van de in fig. 19 vastgelegde relatie zou uit deze p:b-waarden de waarde voor A kunnen worden afgeleid.

Alvorens de mogelijkheden tot vereenvoudiging verder uit te diepen, lijkt het zinvol eerst eens na te gaan, of een dergelijke bewerking eveneens tot hoopvolle resultaten leidt bij gegevens, afkomstig uit een zandgebied. Ook hiervoor staat een serie gegevens ter beschikking, die redelijk aan de te stellen eisen omtrent nauwkeurigheid en variatie en volledigheid voldoet en dat is de serie uit het gebied: Friese Wouden.

Bij het rangschikken van het beschikbare materiaal viel reeds direct op, dat bij deze fijnzandige, lemige humeuze zandgronden het voorkomen van een luchtuittredpunt zeker te verwachten is.

Dit heeft tot gevolg, dat de geanalyseerde poriënvolumina in die gevallen niet tot steun zullen kunnen dienen bij de vaststelling van het asymptotisch poriënvolume. De poriënvolumina, zoals die uit de bewerking naar voren zijn gekomen, zijn weergegeven in fig. 20. Ze zijn weergegeven in dezelfde groepen van slib- en humusgehalte, die in de bewerking ook zijn gehanteerd. Volgens dezelfde groepsindeling van slib en humus is eveneens het beloop weergegeven van de relatie, die de parameters p en b vertonen met slib- en humusgehalte en wel in de figuren 21A en 21B (voor p) en in de figuren 22A en 22B (voor b).

In fig. 23 is dezelfde samenhang in een meer algemene gedaante weergegeven.

Het lijkt interessant eens na te gaan in hoeverre de parameterwaarden overeenkomen voor de elkaar overlappende delen van het zand- en het kleigebied. In beide gebieden zijn gronden bemonsterd, die gekarakteriseerd worden door eenzelfde slib- en humusgehalte, bijvoorbeeld het traject tussen 10 en 20 procent afslibbaar en een gelijk humuspercentage. Er kan dan het volgende overzicht worden opgesteld:

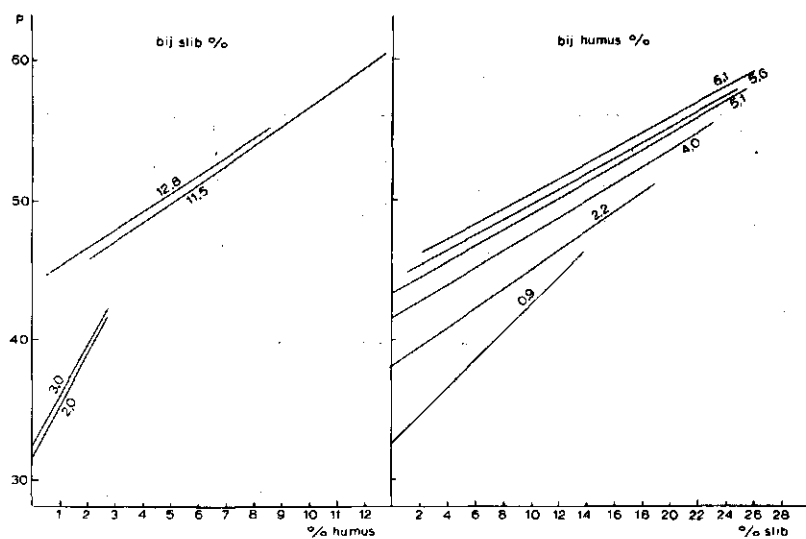


Fig. 20. De samenhang tussen poriënvolume en slib- respectievelijk humusgehalte in de Friese Wouden

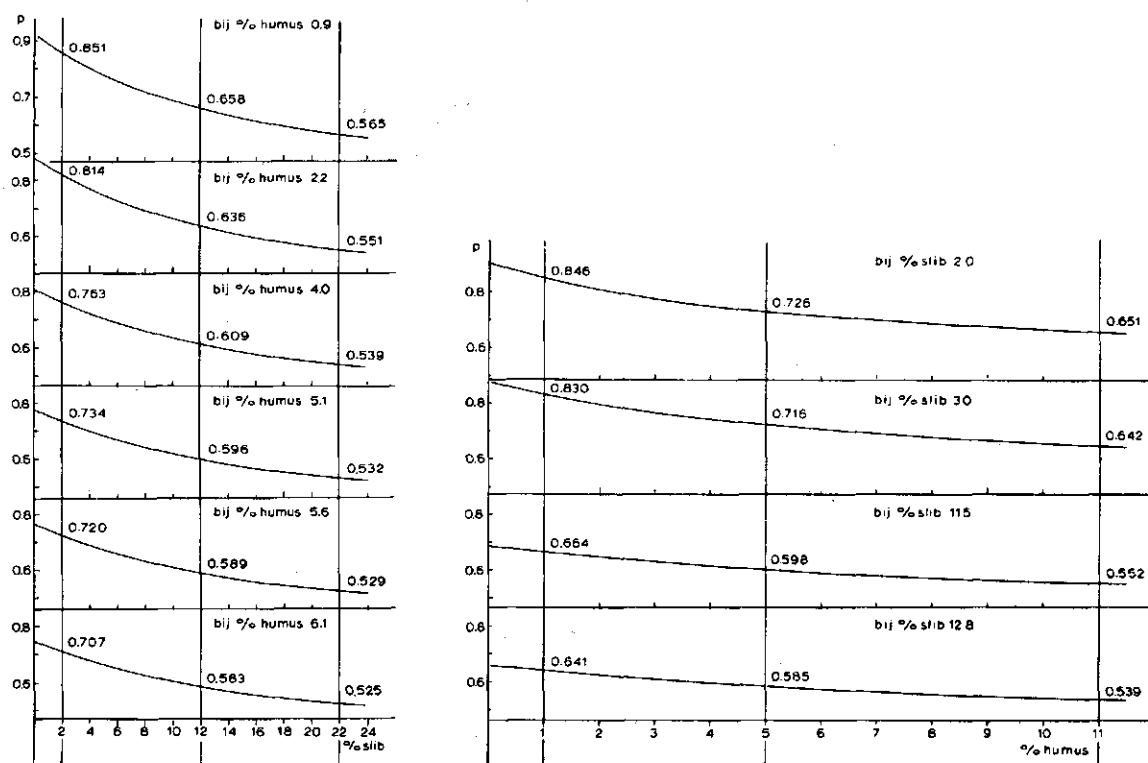


Fig. 21. Samenhang tussen de parameters p en b en de profielkenmerken slib en humus in de Friese Wouden

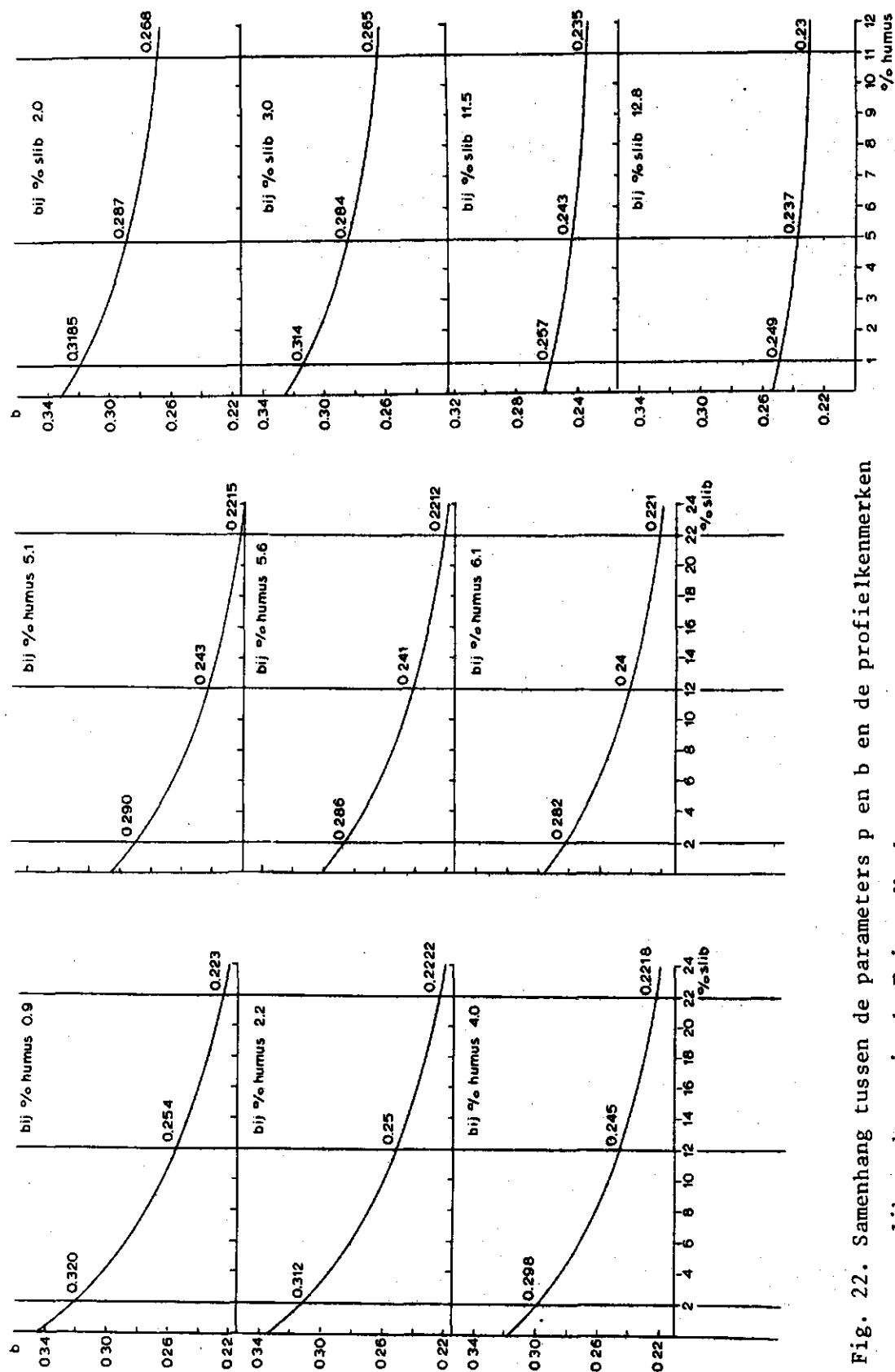


Fig. 22. Samenhang tussen de parameters p en b en de profielkenmerken
slib en humus in de Friese Wouden

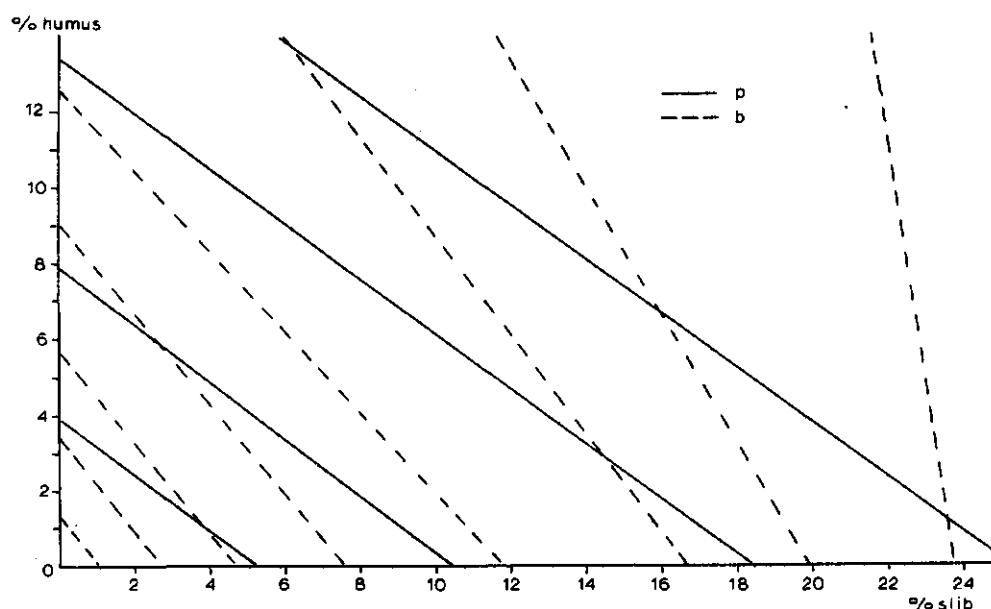


Fig. 23. Overzicht van de relatie tussen de parameters p en b en de profielkenmerken silt en humus in de Friese Wouden

silt %		10	20	humus 1%
kleigrond b =		0,240	0,227	
zandgrond b =		0,264	0,228	
				humus 13%
kleigrond b =		0,216	0,205	
zandgrond b =		0,234	0,221	
				humus 1%
kleigrond p =		0,74	0,685	
zandgrond p =		0,69	0,58	
				humus 13%
kleigrond p =		0,50	0,46	
zandgrond p =		0,54	0,50	

Uit dit overzichtje kan worden afgeleid, dat humusarme zandgrond een wat grotere variatie in de waarden van b en p te zien geeft dan humusarme zavel met eenzelfde siltgehalte. Bij humeuze zandgrond en -zavel is dit verschil vrijwel niet meer aanwezig en is er alleen nog sprake van enig niveauverschil in de parameterwaarden. Bij

eenzelfde vergelijking van A ontstaat het volgende beeld:

slib %	10	20	humus 1%
kleigrond $A_v =$	5,20	5,05	
zandgrond $A_v =$	4,55	4,36	
			humus 13%
kleigrond $A_v =$	3,20	2,80	
zandgrond $A_v =$	3,70	3,60	

Hier zijn de verschillen tussen de A-waarden bij zavel- en zandgrond met eenzelfde slib- en humusgehalte groter. De oorzaak hiervan kan in verband staan met het verschil in grootte van het asymptotisch poriënvolume van beide profielen. Dit verschil is namelijk onmiskenbaar, hetgeen in onderstaand overzichtje tot uiting komt.

slib %	10	20	humus 1%
kleigrond P =	43,7	44,4	
zandgrond P =	42,5	52,0	
			humus 13%
kleigrond P =	66,0	67,4	
zandgrond P =	60,0	70,0	

De variatie in de grootte van het asymptotisch poriënvolume blijkt bij overeenkomstig slib- en humusgehalte in zandgrond aanzienlijk groter te zijn dan in zavel.

DE DROGE TAK VAN DE CURVE

Indien van alle beschikbare monsters het slibgehalte tegen het humusgehalte wordt uitgezet, dan blijkt het vrijwel steeds mogelijk in de verkregen puntenzwerm lijnen van een gelijk vochtgehalte bij een bepaalde pF-waarde te construeren. Wel is het zo, hetgeen reeds eerder is aangetoond, dat dit met minder spreiding kan worden gedaan, naarmate de pF-waarde hoger is. Zo ook in het onderhavige geval. Voor het Geestmerambacht kon een relatie tussen $v_{6,0}$ met humus- en slibgehalte worden vastgesteld, die verloopt volgens de volgende formule:

$$\log v_{6,0} = 0,031 H + 0,14 + (0,01285 - 0,00017 H) S \quad (7)$$

waarin: H = humus% en S = slib%

Voor het zandgebied van de Friese Wouden bleek een dergelijke relatie te bestaan, die in de volgende formule tot uiting komt:

$$v_{6,0} = 0,104 H + 0,15 + (0,14 + 0,005 H)S \quad (8)$$

Indien men deze formules wenst toe te passen verdient het wel aanbeveling dit te doen uitsluitend voor de slib- en humustrajecten waarvoor ze zijn vastgesteld en niet voor geëxtrapoleerde gehalten. Zo zal men de kleiformule bij voorkeur niet gebruiken voor slibgehalten beneden de 10% en de zandformule niet voor slibgehalten groter dan 20%. In het grensgebied, waar zij elkaar overlappen, geven zij de volgende resultaten:

vochtgehalte bij pF 6,0		volgens zandform.	kleiformule in vol%
% humus	%slib		
2	10	1,858	2,123
2	15	2,608	2,455
2	20	3,358	2,830
5	10	2,320	2,600
5	15	3,145	2,986
5	20	3,970	3,428
10	10	3,090	3,630
10	15	4,040	4,140
10	20	4,990	4,680

DE p/b-WAARDE

In het vorige hoofdstuk is uiteengezet dat de waarde van het asymptotisch poriënvolume niet zo erg kritisch is. Aan de ene kant betekent dit voor de onderzoeker, die slechts incidenteel een desorptiecurve wenst te vereffenen, zonder zich om de parameterwaarden te bekommeren, een verlichting. Voor degene evenwel, die

tracht een relatie te vinden tussen parameterwaarden en profielkenmerken, blijft de kennis van het asymptotisch poriënvolume een dwingende eis. Doch zelfs voor hem kan de wetenschap, dat er een zekere ongevoeligheidsmarge bestaat, een prettige bijkomstigheid betekenen, omdat een zekere vrijheid in de keuze van het asymptotisch poriënvolume wellicht een grotere zekerheid en nauwkeurigheid in de relatie tussen parameters en profielkenmerken kan impliceren.

Nu is er echter één waarde welke onafhankelijk van de grootteorde van het poriënvolume kan worden benaderd en dat is de zogenaamde p/b-waarde.

Deze waarde wordt bij goede benadering teruggevonden in de helling van de droge tak van de log v-curve. De theoretische achtergrond van een en ander wordt uiteengezet in basisnota 149 (FONCK 1962) bladzijde 43 en in fig. 21 van deze nota.

In het algemeen zal de p/b-waarde redelijk benaderd kunnen worden door toepassing van:

$$\log \frac{v_{6,0}}{v_{4,2}} - \log v_{6,0}$$

doch tegen het zonder meer toepassen van deze formule kunnen bedenkingen bestaan:

1. er zijn bodemtypen, waarbij het traject tussen pF 6,0 en pF 4,2 een gebogen vorm vertoont (zwaardere kleigronden). De helling van een dergelijk traject is lastig te bepalen en kan wat méér dan wenselijk is van de werkelijke p/b-waarde afwijken. Waarschijnlijk zal, hetgeen in een later stadium zal worden nagegaan, deze afwijking een nauwe relatie vertonen met het slib- en misschien ook met het humusgehalte.
2. De analyses kunnen fouten vertonen.

Aan het bezwaar onder 2 genoemd kan worden tegemoet gekomen door gebruik te maken van de vochtgehalten, die door de formules (7) en (8) kunnen worden berekend. Maar dan dienen deze vochtgehalten te worden aangevuld met de vochtgehalten bij pF 4,2. Op geheel identieke wijze als bij pF 6,0 blijken ook de vochtgehalten bij pF 4,2 een goede relatie met slib- en humusgehalte

te vertonen, die zich in een formule laat uitdrukken. Voor het gebied Friese Wouden luidt deze:

$$v_{4,2} = 0,6 H + 1,2 + (0,58 + 0,02 H)S \quad (9)$$

Met behulp van de formules (8) en (9) kan nu een p/b-waarde worden berekend, die een zeker verband vertoont met de p/b-waarde welke uit de vereffening is verkregen, door de waarden van p en van b op elkaar te delen. In fig. 24 zijn de op deze twee manieren verkregen p/b-waarden tegen elkaar uitgezet. Uit de bijgeschreven humus- en slibgehalten valt af te lezen, dat het verschil in uitkomst tussen de beide berekeningswijzen, zoals te verwachten was, samenhangt met het slib- en humusgehalte. De samenhang is zodanig, dat ook voor dit verschil een formule valt op te stellen:

$$\text{verschil } p/b = 0,6 \log (\%H + \%S) - 0,485 \quad (10)$$

Deze formule is in beeld gebracht in fig. 25. Hierin zijn bij elke combinatie van slib- en humusgehalte (voor Friese Wouden) de p/b-correcties op eenvoudige wijze af te lezen. Deze aflezingen dienen opgeteld bij de uit het beloop van de droge tak van de log v-curve verkregen p/b-waarden teneinde de definitieve waarde te krijgen.

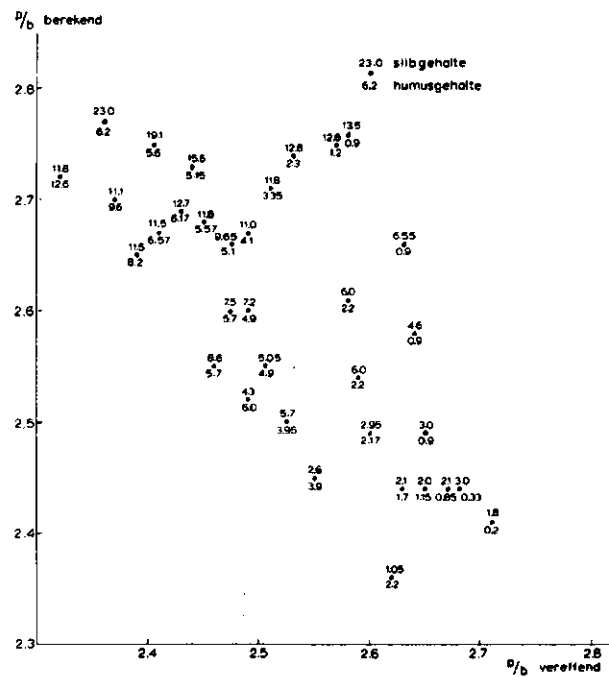


Fig. 24. Vergelijking van de vereffende en berekende p/b -waarden in de Friese Wouden

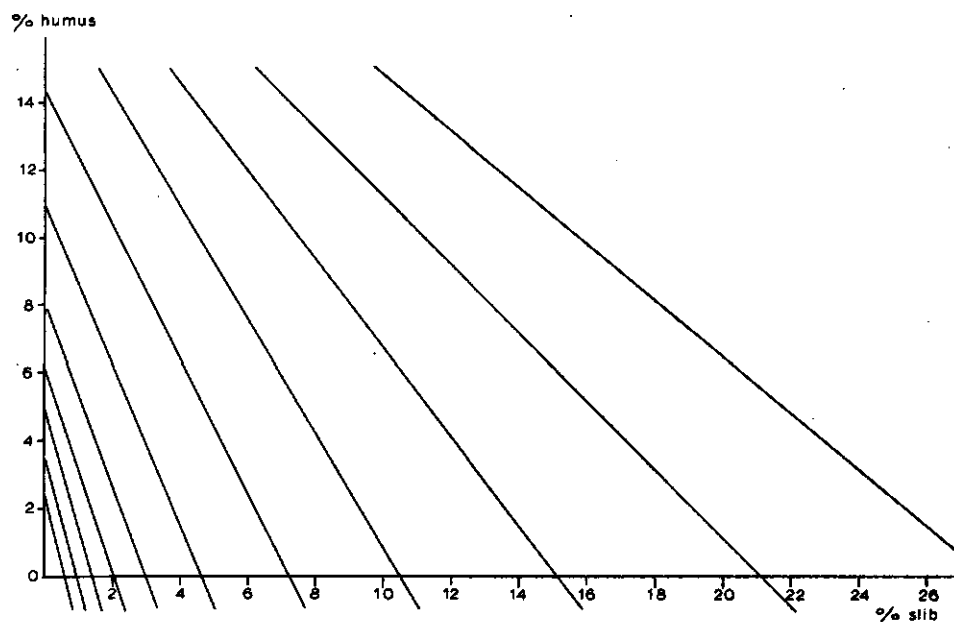


Fig. 25. Overzicht van de correcties van de berekende p/b -waarden, waarmee de vereffende p/b -waarden kunnen worden benaderd in de Friese Wouden

RELATIE A_v MET p/b

Reeds in een eerder stadium van het onderzoek is aangetoond, dat de p/b -waarde een nauw verband vertoont met de waarde van A_v , terwijl de A_p -waarde een relatie zou vertonen met de waarde van $(1-p)/b$ of met die van $(2p-1)/b$.

In fig. 26 zijn deze relaties voor het gebied Friese Wouden in beeld gebracht, terwijl dit voor het Geestmerambacht al eerdere is gedaan in fig. 19.

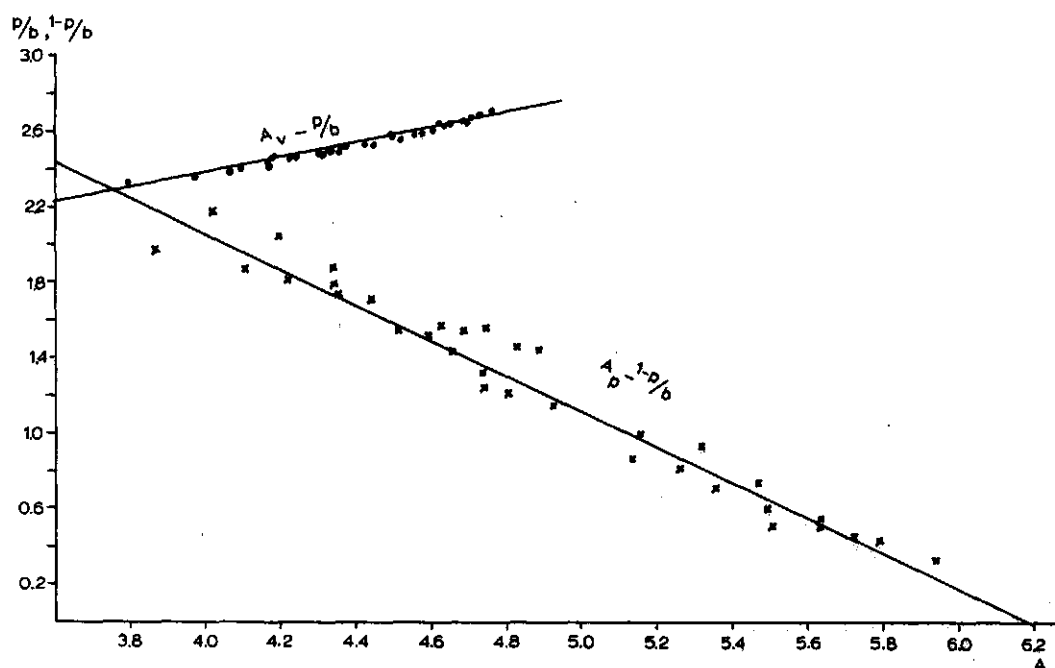


Fig. 26. Relatie $A_v - p/b$ en $A_p - 1-p/b$ voor het gebied Friese Wouden

Uit het rechtlijnig verloop van de lijnen in beide figuren kunnen de volgende relaties worden afgeleid:

voor het Geestmerambacht:

bij humus 1%	$A_v = 5,75 - 0,5 p/b$	of	$p/b = 11,50 - 2 A_v$
bij humus 14,6%	$A_v = -11,25 + 6,25 p/b$	of	$p/b = 1,80 + 0,16 A_v$
bij humus 1%	$A_p = -9,50 + 5 p/b$	of	$p/b = 1,90 + 0,2 A_p$
bij humus 14,6%	$A_p = 6,67 - 1,5 (1-p)/b$	of	$(1-p)/b = 4,45 - 0,67 A_p$

Voor Friese Wouden geldt:

$$A_v = -1,95 + 2,5 p/b \text{ of } p/b = 0,78 + 0,4 A_v$$

$$A_p = 6,20 - 1,07 (1-p)/b \text{ of } (1-p)/b = 5,79 - 0,93 A_p$$

Door substitutie in de formule:

$$A_p - A_v = \frac{2p-1}{b} (2-\log P)$$

ontstaat de mogelijkheid om de waarden van p , b en P afzonderlijk uit te rekenen. Deze vooralsnog theoretische mogelijkheid is nu blootgelegd door gebruik te maken van waarden, die achteraf door de bewerking van het totale materiaal van het gehele gebied ter beschikking zijn gekomen. De correctie op de uit de droge tak van de log v-curve berekende p/b -waarden was reeds aangebracht. In hoeverre een dergelijke berekeningswijze opgaat voor ongecorrigeerde p/b -waarden, zou kunnen worden nagegaan. Het is echter zo, dat, naarmate méér gebieden voor de instelling van standaardcurven bewerkt zijn, per gebied ook steeds meer correctiewaarden voor de p/b -waarde bekend zullen worden. Aangezien in die gevallen evenwel ook de volledige relaties tussen parameterwaarden en profielkenmerken reeds ter beschikking staan heeft een dergelijke berekeningswijze als hierboven geschetst in die gevallen zijn aantrekkelijkheid verloren. Wanneer echter mocht blijken, dat het mogelijk is alleen uit het beloop van de droge tak van de log v-curve reeds zo niet de gehele curve te vereffenen dan toch wel een betrouwbare indicatie omtrent de grootteorde van de parameterwaarden te verkrijgen, dan opent dit mogelijkheden voor incidentele vereffeningen in gebieden, die nog niet bewerkt zijn. Deze mogelijkheid dient in ieder geval nagegaan te worden, doch pas wanneer méér gegevens ten dienste staan. Daarom zal in dit stadium van het onderzoek deze mogelijkheid niet verder worden uitgediept.

AFWIJKINGEN VAN DE STANDAARDCURVEN

Het zal duidelijk zijn, dat elk systeem van standaardcurven dat gebaseerd is op textuurgegevens als slib- en humusgehalte, op zichzelf géén verklaring geeft voor variaties, die het gevolg zijn van structuurinvloeden. Dit houdt in, dat profieldelen, waarop de structuur afwijkingen bewerkstelligt, bijvoorbeeld door beworteling of bewerking, slechts aansluiting vinden in dat deel van de standaardcurve, waar de structuur niet meer van invloed is. In het algemeen zal dat de droge tak van de curve zijn.

In zoverre als structuur invloed op het asymptotisch poriën-volume uitoefent door verruiming van het aantal grotere capillaire poriën, zal dit vanzelf in de standaardcurven tot uiting komen. Aangezien echter een deel van de structuurinvloed zich uit in het voorkomen van buitencapillaire poriën, dit wil zeggen scheuren, gangen enzovoort die seizoengebonden zijn en door bijvoorbeeld in de herfst weer door allerlei werkzaamheden te niet worden gedaan, zullen deze structuurinvloeden moeilijk in een standaardcurven-systeem kunnen worden ondergebracht. Het is echter zo, dat al het materiaal, dat nu ten dienste staat, om te worden bewerkt teneinde tot standaardcurve te kunnen worden getransformeerd, op dit punt geen uitsluitel geeft. Er kunnen dus in de beschikbare analyse-resultaten van eenzelfde gebied monsters verwerkt zijn van structuurloze, dichtgereden percelen naast monsters, afkomstig van percelen, waar wel grondbewerking heeft plaatsgevonden. Met andere woorden: de factor structuur zal op een deel van de monsters, die nu bewerkt worden een invloed hebben gehad, die niet meer te achterhalen is, maar die wel een verklaring kan vormen voor variaties tussen analyses en vereffeningresultaten in de natte tak. Wel lijkt het in dit verband zinvol erop aan te dringen, dat bij toekomstige bemonsteringen op een of andere wijze een indicatie van de structuur wordt aangegeven, bijvoorbeeld in de vorm van een beoordeling van de bewerkingstoestand.

Wel wordt hierdoor de wenselijkheid groter om de invloed van de structuur, voor zover die van blijvende aard is, in de standaardcurven te verankeren. Het permanente deel van de

structuurinvloed zal vooral tot uiting komen in het beloop van de natte tak van de curve. In verband met de nauwe relatie, die aanwezig is tussen de grootte van het asymptotisch poriënvolume en de A, is te verwachten, dat ook laatstgenoemde parameter onder invloed van structuurwijzigingen variaties kan vertonen.

Wat ligt nu méér voor de hand dan nu juist deze variaties in de parameterwaarden als gevolg van structuurwijzigingen te gebruiken om de structuur te beschrijven? Dit zal zeker een opgave extra zijn bij aanstaande bewerkingen, maar het is evident, dat de mogelijkheid om te slagen het grootst zal zijn wanneer een proefgebied wordt gekozen waarbij structuurvariatiës zijn te verwachten, bijvoorbeeld een bouwlandgebied.

HET WERKELIJK PORIËNVOLUME

Voor de curven, die in het standaardsysteem passen kan door middel van formule (5) worden nagegaan hoe groot het werkelijk poriënvolume is aan de hand waarvan kan worden geconcludeerd tot het al of niet aanwezig zijn van een luchtuittredepunt.

De werkelijke poriënvolumina vertonen verschillen met de uit de vereffening verkregen asymptotische poriënvolumina die gedeeltelijk verklaard kunnen worden uit structuurverschillen en uit de aanwezigheid van een luchtuittredepunt. Is het werkelijk PV groter dan het asymptotisch PV dan wijst dit o.a. op het voorkomen van buitencapillaire scheuren en gangen, in het omgekeerde geval kan er tot de aanwezigheid van een luchtuittredepunt besloten worden.

Als alle in het spel betrokken gegevens naast elkaar gerangschikt staan kan reeds duidelijk worden vastgesteld, dat het voorkomen van een luchtuittredepunt sterk toeneemt met opklimmend slib- en humusgehalte. In hoeverre de structuur hierin een rol speelt is in een eerste oogopslag niet te onderkennen. Wèl heeft het er alle schijn van dat het slibgehalte de grootste invloed uitoefent op het voorkomen van een luchtuittredepunt en dat dit door een toenemend humusgehalte weer enigszins teniet wordt gedaan.

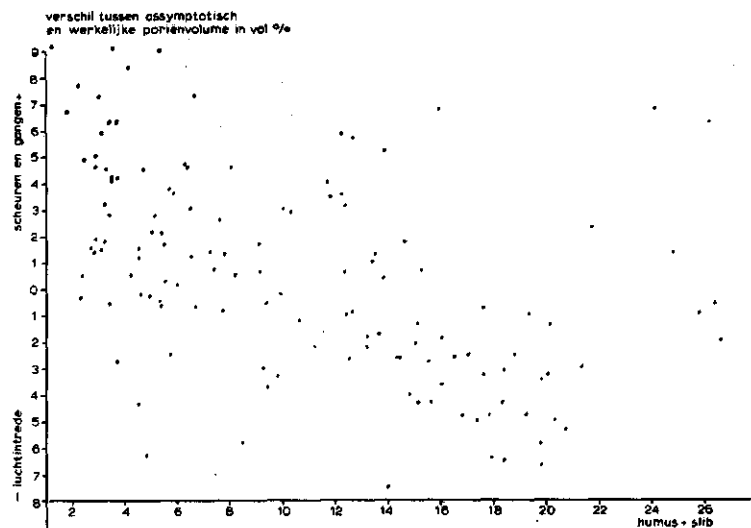


Fig. 27. Samenhang van het verschil tussen werkelijk en asymptotisch poriënvolume met de som van het slib- en humusgehalte in de Friese Wouden

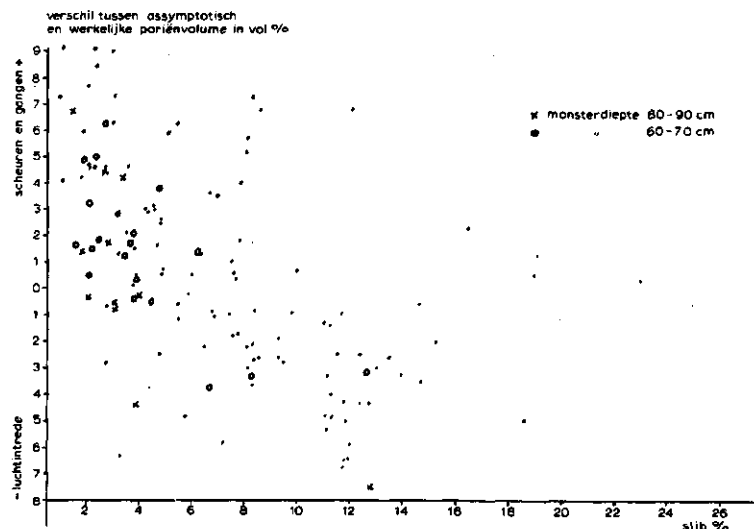


Fig. 28. Samenhang van het verschil tussen werkelijk en asymptotisch poriënvolume met het slibgehalte. Structuurloze ondergrond monsters zijn apart aangegeven

In fig. 27 is een poging gedaan hierin enige samenhang te ontdekken door het verschil tussen werkelijk en asymptotisch poriënvolume uit te zetten tegen de som van het slib- en humusgehalte. Hoewel met vrij grote spreiding is er toch wel een relatie te registreren die wijst op een toenemend aantal scheuren en gangen bij afnemende som van humus en slib. Aangezien het vermoeden bestond dat de gezochte relatie alléén was toe te schrijven aan het slibgehalte is in fig. 28 deze bewerking nog eens herhaald voor het slibgehalte alléén. Zowel aan relatie als aan spreiding verandert vrijwel niets.

Als men de monsterdiepte in de beschouwing betreft kan men zich niet aan de indruk onttrekken, dat de ongestoorde ondergrondmonsters, waar de factor structuur niet van invloed is sterk zijn geconcentreerd aan de linkerzijde van de figuur dit wil zeggen bij de lage slibgehalten. Dat is natuurlijk normaal in een zandgebied. Moeilijker te verklaren is het verschijnsel, dat het merendeel van deze ondergrondmonsters ook in het bovendeel van de figuur voorkomen. Blijkbaar kunnen in de ondergrond in het ongestoorde profiel ook scheuren en gangen voorkomen maar dan wel hoofdzakelijk in slibarme grond. Om hierover een definitieve uitspraak te kunnen doen, zullen méér gegevens nodig zijn.

CONCLUSIE EN SAMENVATTING

In de vijftien jaar, die zijn verlopen, sinds voor het eerst een rechte desorptiecurve tot stand werd gebracht, zijn er nogal wat pogingen ondernomen om met de parameters van deze pF-rechte als basis zowel onderlinge samenhang vast te leggen als een relatie met de profielkenmerken.

Hierbij is, vooral in het begin, steeds de moeilijkheid onderzonden, dat géén vaste basis gegeven kon worden aan de kennis van het juiste poriënvolume. Dit heeft tot gevolg gehad, dat er vooreerst weinig lijn te ontdekken viel in de vereffeningresultaten, met dien verstande dat de vereffende vochtgehalten goed bruikbaar bleken, doch de gezochte relaties niet duidelijk tot stand kwamen. Het bleek

bijvoorbeeld mogelijk met uiteenlopende waarden voor het poriënvolume doch daarmee gepaard gaande sterk variërende waarden voor de parameters vereffeningresultaten te verkrijgen, die vrijwel even goed voldoen in de praktijk.

Nu is het inzicht ontstaan dat voor de vereffening, die ten grondslag moet liggen aan het onderzoek naar de samenhang tussen parameterwaarden en profielkenmerken, een asymptotisch poriënvolume moet worden vastgesteld, dat niet persé behoeft samen te hangen met het geanalyseerde poriënvolume. Daardoor is het gestelde doel nu ook binnen bereik gekomen. Het loslaten van het werkelijk poriënvolume is vooral een gevolg geweest van de erkenning van het bestaan van een luchtuittredepunt als gevolg van het ontbreken van een deel van de grootste capillaire poriën.

Deze ontwikkeling opent de mogelijkheid om, wanneer de relatie tussen parameterwaarden en textuur is vastgelegd, afwijkende parametercombinaties van dezelfde textuurwaarden te gebruiken als middel tot structuurbeschrijving.

Ondertussen zijn de eerste series standaardcurven als bijlage bijgevoegd. Zij betreffen kleigronden in het Geestmerambacht en zandgronden uit de Friese Wouden. De factor structuur is in deze bewerkingen nog niet opgenomen.

LITERATUUR

- FONCK, H., 1962. Het rechtmaken van de pF-curve. nota 149
- _____ 1961. Aanwijzingen bij het construeren van een rechte pF-curve of een rechte granulaire curve. nota 122
- _____ 1964. Het verband tussen het vochtgehalte bij pF 4,2 en enkele bodemfactoren in twee gebieden in Midden-Brabant. nota 259
- SOHMA, K., 1974. Desorption curve equation. nota 799
- _____ 1974. The elaboration of the pF-curve by graphical method. nota 795
- STAKMAN, W.P., 1964. De samenhang tussen korrelgrootte, poriëngrootte en doorlatendheid van zandfracties. nota 241
- _____ 1964. De bepaling van de luchtuittredewaarde van grondmonsters nota 246
- VISSER, W.C., 1966. The relation between lithological properties and the shape of the desorption curve. Verspreide overdrukken 82
- _____ 1966. An empirical expression for the desorption curve. Verspreide overdrukken 83
- _____ 1968. Rules of transfer of water management experience, with special reference to the assessment of drainage design constants. nota 491

LIJST A.

Vochtgehalte V bij pF

No.	Gebied	H	Slib %	U cijfer	PV	0,4	1,0	1,5	2,0	2,3	2,7	3,4	4,2	6,0
1	Neede	0,5	1	37	41	39,8	29,9	10,7	5,-	4,7	4,2	1,2	0,9	0,3
2	Neede	0,4	22	45	33,3	35,3	28,6	27,8	24,8	22,5	21,3	20,5	18,9	2,1
3	Limburg	0,1	8	56	40,5	34,3	25,3	20,3	11,7	9,6	6,9	4,8	1,5	0,4
4	Dommel	16,3	9	65	71,8	71,3	70,9	68,8	63,-		55,5	38,3	29,4	3,4
5	WW	8,4	7	65	50,2	44,5	44,-	43,2	34,-		21,3	14,2	11,2	2,8
6	Dommel	4,6	9	60	50,4	47,9	47,3	46,1	40,2	34,7	29,1	15,9	9,2	1,6
7	Beltrum	4,2	4	65	46,2	48,1	44,-	40,9	34,6	31,7	30,5	10,7	7,2	1,5
8	Beltrum	2,9	6	60	46,7	43,2	38,1	36,3	26,1	20,5	14,6	12,5	7,5	1,5
9	Deurne	0,5	2	62		36,9	25,9	22,7	11,7	6,3	5,-	11,6	1,3	0,2
10	Deurne	17,4	7	70		65,5	56,3	55,1	48,-	38,5	35,-	30,-	21,7	3,4
11	WW	19,4	3	75	58,-	54,7	54,5	54,3	48,-		30,5	23,8	14,1	3,7
12	Beltrum	9,2	14	75	52,9	53,1	50,2	47,1	40,6	33,3	29,2	15,7	9,4	2,4
13	Neede	6	28	75	46,-	54,2	45,2	39,5	35,5	32,5	31,7	31,-	23,4	2,7
14	Dommel	5,3	8	75	50,9	48,8	48,3	48,-	42,-	36,3	28,-	17,1	10,9	1,9
15	Berger	5,5	7	75	48,7	38,2	36,4	31,3	24,-		20,5	14,3	11,4	3,-
16	Neede	3	8	75	43,7	43,6	40,2	37,3	27,-	22,-	20,5	10,2	6,1	1,5
17	Limburg	0,5	14	78	32,-	33,4	31,1	24,4	23,3	17,2	14,-	10,5	6,2	0,7
18	Gelselaar	1,8	4	70	45,6	34,6	29,7	26,1	14,4		11,5	5,5	4,-	0,8
19	WW	1,2	1	71	37,4	31,-	30,5	29,7	12,4		6,2	3,4	2,4	1,-
20	WW	15,5	6	80	52,-	49,4	48,4	48,-	42,4		32,3	24,8	14,2	3,8
21	Beltrum	7,8	11	80	54,9	48,4	43,5	41,4	33,1	29,5	24,1	17,-	10,7	2,3
22	Beltrum	5,5	12	80	48,1	46,3	42,3	40,7	33,4	29,6	23,-	14,2	8,1	2,3
23	NBW	5,9	5	88	47,6	43,1		40,8	32,2	27,6	26,7	17,3	12,3	2,3
24	Beltrum	3	16	82	38,7	43,1	41,-	38,9	33,-	31,-	27,5	17,7	12,2	2,-
25	Deurne	0,5	9	89	34,2	33,9	27,2	25,7	18,6	12,1	9,2	8,5	7,7	1,4
26	Neede	0,7	1	80	34,4	33,1	32,7	31,6	21,7	18,5	12,-	1,9	1,7	0,7
27	WW	18,4	8	90	63,7	56,7	56,5	56,3	47,2		35,2	10,5	12,3	3,2
28	Beltrum	10,-	23	99	59,9	61,-	58,7	57,1	54,4	52,5	49,7	42,3	23,8	2,-
29	Neede	5,6	21	95	51,3	53,1	51,3	47,7	39,7	37,5	34,4	23,-	16,4	3,6
30	Berger	5,3	8	95	49,-	45,6	44,6	42,8	31,-		21,4	13,8	8,8	2,4
31	WW	2,2	22	90	41,7	35,4	34,-	31,1	24,-		21,2	19,-	17,2	3,5
32	Deurne	1	1	96		40,5	32,8	12,-	4,5	3,3	2,6	2,-	1,3	0,6
33	Beltrum	13,7	28	100		64,4	61,1	59,1	56,4	53,4	51,2	43,-	36,3	5,8
34	Gelselaar	6,9	16	100	52,8	44,7		37,9	30,6	26,9	25,2	18,4	10,2	2,8
35	Neede	5	30	100	48,6	49,7	49,-	46,9	43,4	40,7	34,9	26,9	18,8	3,3
36	NBW	3,7	6	105	44,4	41,-		39,1	34,1	31,1	29,1	19,9	11,2	1,5
37	Beltrum	1	34	105	65,4	68,4	66,7	66,-	64,3	61,6	59,2	29,7	20,2	5,-
38	Neede	1	1	100	34,8	37,1	32,6	32,-	24,3	19,8	3,5	1,7	1,1	0,4
39	Deurne	13,1	21	113		58,6	49,9	46,8	41,-	35,8	34,9	29,4	28,-	4,-
40	Limburg	4,8	24	110		45,5	42,6	41,9	37,-	31,3	26,6	12,1	7,-	1,8

LIJST A. (vervolg 1)

No.	Gebied	H	Slib %	U cijfer	PV	0,4	1,0	1,5	2,0	2,3	2,7	3,4	4,2	6,0
41	Deurne	0,6	3	116		37,7	34,8	31,6	24,7	8,4	6,5	4,1	2,9	0,3
42	Beltrum	67,6	3	120		77,6	65,7	59,5	56,9	52,4	51,5	44,6	38,-	4,8
43	Deurne	31,7	12	127		81,3	77,1	74,9	71,2	68,8	56,6	28,1	18,9	2,9
44	Gelselaar	2,9	18	120	58,6	45,7	44,-	43,-	40,1		36,1	27,4	19,4	4,1
45	Deurne	0,7	3	123		37,8	33,1	32,4	20,3	8,1	3,3	1,8	1,1	0,4
46	Deurne	19,5	11	130		56,4	52,4	51,6	48,6	43,-	31,8	31,2	28,3	4,9
47	Limburg	1,1	5	130	32,8	30,2	29,7	29,2	28,-		19,9	8,6	4,6	1,8
48	Deurne	16,3	10	145		56,8	52,1	51,2	46,9	45,-	33,9	27,5	19,-	1,6
49	Deurne	0,3	2	149		36,8	31,-	30,3	22,7	16,-	4,3	4,-	22,-	0,3
50	Deurne	13,9	12	158		60,4	53,-	51,7	45,4	38,4	32,5	26,3	16,7	2,85
51	Neede	4,2	8	150	43,2	39,9	38,1	36,2	29,5	26,2	24,3	12,7	6,9	1,8
52	LE	0	2	35	39,3	34,3	31,9	28,9	7,8		4,2	1,9	1,4	0,4
53	Dommel	0	10	155	39,8	32,7	32,4	31,8	30,4		25,-	15,4	7,8	1,1
54	Neede	0,5	0	25	41,2	32,6	24,5	12,1	6,8	4,9	3,8	2,6	1,7	0,4
55	Dommel	7,7	0	90	51,4	49,6	48,9	48,5	40,2		29,7	15,7	11,3	3,3
56	Deurne	76,1	0	85		82,7	69,5	67,5	63,2	59,9	47,9	42,2	33,-	3,1
57	Dommel	0	0	20	43,2	36,-	32,3	15,4	8,6	7,3	5,3	3,6	1,7	0,3
58	Beltrum	0	0	90	38,7	37,-	34,1	31,6	17,4	13,5	11,4	3,4	1,8	0,5
59	Berger	0	0	130	46,-	38,5	37,2	35,5	29,-		5,7	3,5	2,5	1,2
60	Groningen	3,1	21,7	100	44,7	44,-	43,5	41,6	39,-		32,-	24,-	15,2	2,6
61	Veenkol.	8,-	4,1	101	49,7	47,8	45,5	46,8	43,9			15,9	8,7	3,4
62	Veenkol.	88,4	1,4	237	80,8	84,1	82,8	79,8	66,4			40,8	29,4	5,5
63	Veenkol.	28,9	3,9	125	72,3	71,9	71,1	70,8	67,7			40,9	22,5	4,8
64	Veenkol.	87,5	0,6	315	84,4	82,3	77,6	74,5	61,9			46,3	27,5	4,4
65	Veenkol.	25,1	19,5	260	68,8	70,9	70,-	70,1	69,-			47,2	23,7	5,2
66	Veenkol.	94,-	0,3	309	78,5	75,6	74,4	72,7	60,4			43,4	37,7	5,9
67	Veenkol.	0,3	2	84	36,4	34,8	29,7	29,4	18,2			3,-	2,-	0,7
68	Veenkol.	9,7	7,4	177	62,8	62,1	61,4	61,3	59,1			27,9	9,1	2,3
69	Veenkol.	0,7	9,7	150	33,1	33,3	32,5	32,4	31,3			15,4	10,3	1,8
70	Fr. Wouden	2,1	3,8	79	41,1	35,8	34,6	33,-	19,-		12,-	8,7	5,9	1,4
71	Fr. Wouden	13,5	11,6	117	60,4	59,2	57,8	56,8	50,8		39,5	30,-	21,8	4,7
72	Fr. Wouden	21,-	37,8	122	78,2	76,2	71,2	64,9	61,2		46,2	31,4	19,1	3,2
73	Fr. Wouden	5,2	16,5	210	55,-	54,-	52,6	51,-	49,4		44,9	31,5	16,9	3,6
74	Fr. Wouden	5,8	23,-	231	58,-	56,8	55,6	52,-	54,4		37,5	28,1	19,5	3,9
75	Fr. Wouden	0,7	3,8	109	36,7	33,5	33,-	32,-	21,9		15,2	6,8	5,1	1,-
76	Fr. Wouden	5,1	14,7	136	48,-	44,3	44,3	42,7	35,-		29,1	20,5	14,6	3,2
77	Fr. Wouden	1,7	1,8	86	42,3	37,9	37,-	34,-	19,6		15,1	8,8	5,5	0,8
78	Fr. Wouden	1,2	1,9	66	41,2	36,1	34,2	30,4	12,7		5,7	4,9	3,8	1,1
79	Fr. Wouden	1,-	8,1	98	38,5	33,4	32,4	29,9	17,7		8,5	6,5	4,6	1,3
80	Zundert	0,4	28,-	274		40,3	37,-	34,8	30,7	24,7	23,6	22,-	16,-	4,6

LIJST A. (vervolg 2)

No.	Gebied	H	Slib %	U cijfer	PV	0,4	1,0	1,5	2,0	2,3	2,7	3,4	4,2	6,0
81	Polderdistr.	8	58	70	55,7	55,9		53,-	50,9	49,5	49,-	36,8	33,6	6,7
82	Polderdistr.	1,8	78	70	47,3	48,7		46,9	45,6	44,3	42,7	40,1	25,4	9,4
83	Polderdistr.	6,6	22	75	47,8	50,8		50,7	45,5	43,9	39,6	25,6	22,7	6,4
84	Polderdistr.	0,1	9	140	33,2	31,5		30,9	29,6	27,9	25,-	12,4	5,5	2,1
85	Polderdistr.	1,8	51	75	42,4	43,4		42,6	40,-	38,3	36,6	33,2	24,1	9,5
86	Polderdistr.	1,4	61	80	42,4	41,3		40,-	39,-	37,8	36,2	40,7	32,8	6,5
87	Polderdistr.	0	8	120	37,6	35,5		29,7	26,-	22,9	15,3	8,3	7,8	1,-
88	Polderdistr.	0	0	55	35,9	31,5		20,1	13,8	12,3	10,9	1,4	1,0	0,2
89	Polderdistr.	0,4	8	85	35,5	32,1		26,4	23,6	16,-	14,-	7,-	6,-	1,5
90	Polderdistr.	1,3	23	75	36,9	37,5		34,5	30,2	28,5	23,6	20,3	13,1	2,5
91	Polderdistr.	1,9	5	65	40,8	39,9		29,5	24,5	16,4	13,7	10,-	6,2	1,-
92	Deurne	11,9	11	182		54,9	54,7	51,6	48,5	45,3	32,1	27,4	16,5	2,5
93	Deurne	4,4	23	231		51,1	44,8	42,7	40,2	38,-	34,8	27,5	17,5	2,5
94	Deurne	0,4	42	345		40,6	38,4	37,3	36,7	35,4	23,3	21,2	13,6	3,1
95	Dommel	0	0	20	43,2	36,-	32,3	15,4	8,-	7,3	5,3	3,6	1,7	0,3
96	Dommel	0	0	40	40,6	38,8	36,3	17,1	7,2	5,8	4,4	3,-	1,4	0,5
97	Dommel	0	0	60	34,9	35,6	34,8	34,3	31,-	9,1	8,3	4,5	2,8	1,2
98	Dommel	0	0	75	43,5	39,5	39,-	35,2	14,-	9,6	5,3	3,6	2,1	0,6
99	Gelselaar	0	0	100	31,4	28,4	26,6	26,-	13,6		5,-	2,4	1,9	0,9
100	Beltrum	0	0	110	33,1	34,6	32,8	32,-	27,9	21,9	20,1	7,6	4,8	2,7
101	Borger	0	0	125	47,5	38,-	37,6	36,2	24,4		8,1	2,5	1,8	0,8

LIJST B.

Bijlage B.

No.	HZ	SLZ	Uc	PV	0,4	1,0	1,5	2,0	2,3	2,7	3,4	4,2	6,0
1	0	0	75	41,5	37,3	36,0	34,5	19,3	7,1	4,1	2,5	1,7	0,6
2	0	0	85	43,6	37,4	36,1	32,5	10,9	6,7	4,9	3,5	1,8	0,9
3	0	0	100	38,9	35,6	35,0	33,4	30,6	10,7	7,8	2,8	1,6	0,5
4	1	0	100	39,8	36,5	36,0	35,3	30,8	13,2	10,1	7,5	5,1	1,1
5	0	0	30	40,3	32,7	30,6	16,2	9,5	4,8	4,2	2,7	1,6	0,3
6	0	0	40	40,6	38,8	36,3	17,1	7,8	5,8	4,4	2,0	1,4	0,5
7	0	0	165	34,9	29,7	29,0	28,2	27,5	22,6	16,1	5,0	2,1	1,0
8	0,5	0	25	41,2	32,6	26,0	12,7	7,2	5,2	4,0	2,7	1,8	0,4
9	0	0	130	42,4	38,3	33,7	31,5	20,3		14,9	9,1	6,0	1,3
10	1,6	4	90	41,6	36,5	35,7	32,6	24,1	15,6	12,2	8,2	5,1	1,2
11	0	4	80	39,8	35,8	35,1	32,3	22,2	7,4	6,4	3,2	2,2	0,8
12	0	3	105	34,3	33,6	32,0	30,4	26,0		20,8	4,4	2,7	0,9
13	0,4	2	10	38,7	30,8	29,5	28,2	12,9	10,1	7,1	1,4	0,8	0,4
14	0,3	2	149		35,1	29,2	28,4	22,4	8,4	4,6	3,7	2,2	0,5
15	1,7	2	112		39,4	33,3	31,1	14,6	5,3	3,3	2,7	2,2	0,4
16	0,7	3	126		37,4	32,7	31,9	21,6	7,8	3,2	1,8	1,1	0,4
17	0,2	4	180	46,0	37,6	37,1	35,5	29,4		7,6	2,3	1,7	1,2
18	1,8	4,9	151	48,5	44,9	43,8	39,8	32,0		11,2	4,6	3,6	1,4
19	0,5	4,8	226	37,8	30,3	29,5	28,5	21,7			3,4	2,6	1,3
20	0	2	35	39,3	34,3	31,9	28,9	7,8	4,8	4,2	1,9	1,4	0,5
21	0	5	135	34,7	30,8	30,0	29,2	25,2	19,0	13,5	9,2	5,1	0,8
22	1,5	8	75	52,5	46,3	44,4	41,2	36,2	27,6	19,8	12,8	7,2	1,7
23	0	6	65	42,1	35,5	29,0	28,3	18,7		11,8	5,0	2,7	0,7
24	0,5	6	95	36,0	36,0	34,2	33,2	27,4		21,6	13,7	8,2	1,3
25	0	5	170	38,1	35,3	34,8	34,3	30,4	26,8	23,7	19,5	11,5	2,8
26	1,8	8	55	46,0	42,5	33,0	25,5	14,9	13,5	10,8	6,7	4,4	1,0
27	0	5	100	33,4	32,6	29,8	28,5	22,4		16,6	9,2	2,6	0,7
28	1,4	5	80	45,5	39,4	36,4	32,7	22,0	15,0	13,0	6,3	3,6	1,1
29	1,1	8	135	35,3	36,1	35,4	34,6	32,7	28,5	25,2	13,8	6,0	1,7
30	0,5	11	150	33,6	35,2	34,4	33,8	32,9		26,9	10,6	6,2	1,6
31	1,5	13	80	35,2	36,7	35,9	35,6	34,9		29,2	20,7	10,9	1,7
32	11,7	13	130	66,0	62,1	59,9	59,2	57,3		52,4	33,5	24,2	3,2
33	0,5	10,5	55	38,5	39,5	33,2	24,5	20,0	13,5	9,8	8,0	7,7	2,1
34	0,6	10	130	43,8	38,7	38,0	37,0	29,6		15,0	10,4	6,9	1,5
35	1,8	10	60	41,8	40,2	34,5	27,5	16,4	14,4	13,2	8,2	4,7	1,2
36	0,6	14	204		31,3	29,1	28,0	25,8	22,9	18,5	15,3	10,5	1,6
37	0,4	11	109		31,4	28,8	26,3	22,5	18,5	13,8	10,8	9,1	1,6
38	1,8	13	155	41,4	41,4	39,9	39,0	38,0	36,0	33,5	20,4	9,9	2,1
39	0,4	20	180	44,8	42,9	40,6	39,6	38,8	34,0	24,9	10,9	7,4	2,8
40	0,3	18	60	36,0	35,1	26,6	23,3	17,5	16,2	15,0	10,7	8,3	1,9
41	0,4	22	45	33,3	35,3	30,6	27,8	24,5	22,3	21,5	20,5	18,9	2,1

LIJST B (vervolg 1)

No.	HZ	SLZ	Uc	PV	0,4	1,0	1,5	2,0	2,3	2,7	3,4	4,2	6,0
42	1	24	104	44,5	47,8	46,9	45,6	43,2	40,4	37,6	23,8	15,6	3,0
43	0,4	24	103	35,5	30,4	29,7	27,6	23,4		21,3	8,8	3,5	1,2
44	0,4	23	78	31,0	27,4	27,0	25,3	24,6		21,0	9,5	6,4	2,8
45	0,3	33	110	39,1	40,1	39,6	39,0	38,0	32,7	26,7	20,0	14,0	2,8
46	0,3	25	160	35,8	35,0	34,8	34,5	33,7	31,6	29,4	15,4	13,0	3,1
47	0,9	25	85	42,5	36,6	35,6	34,7	32,8	30,5	27,0	22,5	15,6	2,0
48	0,8	31	90	41,7	43,8	39,0	34,0	30,6	27,5	26,2	25,0	19,8	3,2
49	1,9	26	180	47,7	50,2	45,7	43,0	40,9	38,7	23,5	15,3	8,1	2,7
50	0,9	29	120	36,9	39,5	38,1	37,1	36,1	34,9	34,0	32,2	28,3	3,5
51	1,7	30	123	46,2	49,2	47,4	44,8	42,8	38,8	36,0	30,5	21,2	2,7
52	10,0	34	105	65,4	68,4	66,7	66,0	64,3	61,6	59,2	29,7	20,2	3,8
53	0,2	26	88	31,8	31,9	31,2	30,2	29,2		26,0	16,4	9,8	2,9
54	0,9	50	90	46,3	47,0	45,8	44,8	44,3	43,7	42,0	38,4	25,5	4,8
55	0,4	42	345		41,6	39,0	38,0	37,2	35,7	29,6	21,2	13,6	4,6
56	0,2	41	140	33,8	29,6	29,1	28,2	27,0		24,8	14,3	9,8	2,9
57	1,2	78	120	59,1	58,0	57,7	56,8	56,4	54,6	53,0	47,6	40,6	9,7
58	3	0	60	46,6	45,1	43,8	38,8	24,0		13,7	9,0	7,5	1,4
59	2,4	0	50	42,5	36,9	35,7	27,9	18,4		9,5	6,3	3,5	1,0
60	2	0	80	42,1	36,1	35,0	31,8	19,6		7,9	5,3	3,0	0,9
61	2,1	0	70	46,7	40,3	39,0	33,2	19,1	13,2	9,4	7,0	3,9	1,0
62	4,6	0	55	43,3	40,3	38,6	34,6	26,4	20,7	16,5	9,0	6,2	1,7
63	3	0	105	46,0	45,2	41,2	40,1	30,4	24,1	21,0	13,2	8,2	0,8
64	3,1	43	166	45,0	47,0	46,2	45,6	43,0			15,8	8,5	2,1
65	2,7	3	75	42,2	39,9	38,5	34,7	24,7		11,0	5,7	4,7	1,8
66	2,1	3	70	41,8	38,1	35,9	34,6	22,0		11,4	4,9	3,5	0,9
67	3,6	3	100	48,4	47,3	46,5	44,8	27,7		21,8	11,3	4,7	1,3
68	3	2	60	43,2	44,3	39,3	38,1	22,3	16,9	14,9	10,8	8,5	1,2
69	3,5	5	80	47,7	39,8	39,2	38,5	33,4	27,3	21,6	7,2	5,0	1,4
70	4	6	70	47,4	45,0	44,3	42,3	39,5	34,4	28,5	15,6	9,5	1,7
71	3,2	7	155	45,8	38,4	36,4	33,8	30,0	24,5	20,0	10,9	4,9	1,5
72	2,8	7	105	44,0	40,0	35,0	31,4	20,7	17,8	11,8	8,3	4,7	1,5
73	4,1	5	90	52,6	37,6	35,0	32,2	21,0	17,6	17,0	7,7	4,7	1,3
74	2,6	8	150	37,9	38,9	38,3	37,8	36,5	32,1	30,9	18,7	9,8	1,7
75	3,8	6	125	40,9	41,2	39,4	37,5	32,9	24,2	21,0	11,9	6,8	1,6
76	3,5	11	105	43,4	35,0	33,0	31,1	27,4	22,8	21,0	14,4	7,7	2,1
77	2,3	12	115	44,5	36,0	33,0	30,4	23,9	19,8	17,6	10,6	7,5	2,0
78	4,1	11	125	42,9	42,9	40,7	39,0	33,8	24,7	21,9	16,9	10,8	2,0
79	4,4	24	231		50,5	43,2	41,3	38,8	36,9	33,7	27,5	18,3	2,5
80	3,6	16	226		51,5	46,1	43,2	40,0	33,8	28,8	24,3	13,1	1,9
81	4,6	16	155	50,9	51,7	50,9	47,8	44,7	42,7	37,8	26,7	14,6	2,3
82	2,8	34	160	48,2	45,1	45,0	44,8	43,7	42,4	41,8	30,1	20,1	4,7

LIJST B (vervolg 2)

No.	HZ	SLZ	Uc	PV	0,4	1,0	1,5	2,0	2,3	2,7	3,4	4,2	6,0
83	3,7	29	90	42,5	48,0	47,0	45,2	41,6	38,3	35,5	22,8	18,7	4,6
84	2,4	31	180	49,9	50,2	44,5	40,5	37,6	33,2	26,7	19,4	11,0	3,3
85	2	29	135	40,1	41,9	41,6	41,4	41,0	39,6	37,7	23,4	12,2	3,1
86	2,3	27	150	43,4	41,9	41,8	41,6	40,5	38,5	37,7	24,7	14,0	3,5
87	2,8	29	160	48,2	44,1	43,4	42,2	41,2	39,5	37,9	30,7	21,0	4,8
88	2,3	40	100		46,5	43,2	41,9	39,9	37,6	35,8	32,1	19,7	5,6
89	2,6	43	150	54,0	48,4	45,2	44,1	42,3		38,5	23,0	13,7	4,8
90	2	54	140	65,6	59,4	58,3	56,9	52,8		50,8	44,0	38,0	6,8
91	3,2	95	90		61,4	59,6	58,6	57,4	55,7	54,8	49,2	30,6	12,0
92	5,1	0	80	52,4	49,7	47,7	43,9	29,0		15,7	8,8	6,1	1,8
93	6,1	0	65	45,5	42,6	41,6	40,0	34,7	31,0	25,5	18,5	9,8	2,1
94	7,7	0	90	51,4	49,6	48,8	48,0	40,2		29,7	15,7	11,3	2,8
95	6,1	0	111	54,7	50,2	46,0	42,4	36,7		20,3	11,2	7,4	2,5
96	5,9	2	75	47,1	43,9	42,5	40,5	36,7	25,7	22,0	10,8	7,7	2,7
97	6,9	4	121		50,2	48,0	43,4	33,3	24,0	19,3	13,5	8,8	1,9
98	7,1	4	85	55,7	54,0	50,3	48,7	38,3		30,2	10,6	7,1	1,9
99	6,4	4	105	48,9	46,5	42,7	38,6	27,8	20,7	19,0	12,2	8,4	2,0
100	6	4	75	49,3	47,1	46,6	42,5	32,1	28,1	21,1	13,9	8,2	1,8
101	6,2	9	60	49,1	49,0	48,4	47,7	45,3		37,9	21,5	12,2	2,0
102	5,7	11	95	46,4	45,8	42,8	41,9	38,4		33,2	23,1	14,6	2,6
103	5,2	6	50	47,1	41,5	40,0	38,9	36,0	29,3	26,3	20,1	16,3	2,0
104	6,2	8	111	52,0	54,8	48,4	44,6	35,2	27,5	23,1	11,0	6,7	1,8
105	7	6	120	49,2	47,8	47,2	46,4	40,3		31,3	20,1	12,4	2,8
106	5,6	8,1	206	53,9	52,7	52,1	46,2	42,0		27,7	22,4	13,9	2,6
107	7	8	85	50,0	46,6	45,2	43,3	30,5		24,5	13,1	7,8	1,8
108	5,2	9	110	47,2	47,8	45,4	43,8	41,6	39,1	34,4	21,3	14,2	1,8
109	7,1	7	50	50,2	51,2	49,6	47,5	44,6	40,9	36,8	25,5	14,5	1,9
110	7,2	8	150	53,5	47,4	46,9	46,0	41,1	38,0	36,0	19,2	11,9	2,2
111	8,5	13	100	58,6	59,2	54,1	51,8	47,6		41,7	24,8	18,1	4,2
112	5,1	10	79	48,8	55,1	51,6	49,4	43,6	41,2	39,8	17,2	11,6	2,8
113	6,1	13	151		56,5	52,3	49,4	43,2	39,3	32,6	16,5	11,1	2,5
114	8,1	11	80	51,3	51,5	46,9	45,9	41,6	36,6	35,0	25,7	15,7	2,3
115	9,1	20	125	61,2	61,8	61,2	60,4	59,0		53,0	33,9	22,9	3,9
116	9,9	15	148		51,7	47,7	46,4	42,0	30,4	20,7	19,0	14,7	2,7
117	5,1	21	235		47,2	40,3	39,0	36,5	32,4	25,6	22,0	18,3	2,9
118	6,0	38	140	55,5	54,0	41,2	36,2	33,0	30,9	29,1	27,6	17,1	3,5
119	11,1	1	70		55,0	48,8	44,9	33,4	27,2	23,9	14,6	9,5	1,9
120	18,3	3,1	107	56,0	50,0	49,0	48,1	45,5		35,2	20,4	14,0	2,9
121	12,1	8	75	74,8	74,5	74,0	73,0	71,0		64,5	28,3	15,6	3,2
122	17	6,9	67	58,0	54,6	54,2	53,2	49,7		30,5	23,7	14,1	3,7
123	14,6	6	126		58,1	55,1	52,4	48,0	41,4	32,3	28,4	19,2	3,4

LIJST B (vervolg 3)

No.	HX	SIX	Uc	PV	0,4	1,0	1,5	2,0	2,3	2,7	3,4	4,2	6,0
124	11,6	6	85	58,7	59,9	56,5	55,8	52,5	47,7	45,7	25,7	15,0	2,4
125	11,2	5	105	69,4	71,0	68,5	62,4	55,7	46,2	44,7	25,7	18,0	2,5
126	10	7	70	61,8	63,0	62,3	61,0	52,2	49,0	47,0	27,7	17,1	2,1
127	16,7	10	65	71,8	71,3	70,9	68,8	64,3		55,5	38,3	29,4	3,3
128	18,6	10	155	75,4	75,3	74,4	70,7	66,7	64,5	58,9	39,3	33,6	4,0
129	16,3	10	145		57,8	52,1	51,0	47,2	42,2	36,8	27,5	19,0	3,6
130	13,9	12	158		61,0	53,2	51,4	45,8	39,3	33,1	26,3	16,7	2,9
131	12,5	12	144		58,0	50,9	48,9	44,0	37,2	32,2	25,8	21,8	2,6
132	11	10	119		56,2	52,5	48,7	42,4	32,0	28,1	17,6	9,4	2,0
133	19	11,2	106	56,2	56,3	55,7	53,5	48,3		46,8	30,5	23,2	4,9
134	16,9	12,1	215	66,8	66,2	65,5	64,0	61,8		50,2	29,4	18,6	4,5
135	11,6	14	70	64,2	63,3	60,3	56,4	51,2	49,3	46,0	27,2	13,9	3,8
136	12,2	24	100	64,3	65,2	62,3	60,4	58,2	55,5	52,3	38,1	19,9	3,9
137	6,1	13	151		56,5	52,3	49,4	43,2	39,3	32,6	16,5	11,1	2,0
138	17,3	19	100		57,4	54,9	54,3	52,6	50,6	45,0	21,6	11,9	3,3
139	11,5	43	90		58,4	55,1	52,3	48,3	45,8	43,4	38,9	26,2	5,2
140	10,9	38	135	57,9	56,7	53,7	52,2	49,3		44,7	33,0	29,3	4,7
141	11	45	120	77,8	67,7	52,4	49,7	43,2	38,6	37,0	28,6	20,4	5,1
142	11,2	74	120		72,6	68,6	65,6	57,3	55,7	53,2	50,9	41,9	9,2
143	20,7	0,4	287	69,7	70,0	68,8	68,0	67,3			56,1	30,6	4,1
144	28,9	3,9	125	72,3	71,9	71,1	70,0	67,7			40,5	22,5	4,8
145	20,7	8,9	124	64,2	59,3	57,6	51,9	45,8		37,7	23,8	15,1	3,8
146	20,3	7	95	62,4	61,2	59,1	57,6	54,1	47,6	45,5	29,7	22,2	2,8
147	31,7	12	127		81,8	76,5	74,0	69,9	64,2	54,8	28,1	18,9	2,9
148	25,2	12,6	217	68,8	64,9	64,0	63,2	60,1		53,5	48,0	28,0	3,9
149	20,2	17	177		59,4	55,4	53,6	48,2	46,0	42,4	22,9	15,3	3,7
150	30,3	36	160	71,1	62,0	57,4	55,4	52,0		47,1	42,0	38,9	5,2
151	21	37,8	122	78,2	76,2	71,2	64,9	61,2		46,4	31,4	19,1	3,2
152	93	0,7	300	79,6	77,8	76,2	72,3	66,6		54,2	47,5	31,3	5,0
153	94	0,3	309	78,5	75,6	74,4	72,7	60,4			43,4	37,7	5,6
154	71,6	2,7	331	83,0	78,9	78,7	78,5	72,3		51,6	35,7	24,8	3,9
155	67,7	3	120		77,6	65,7	59,5	56,9	52,4	51,5	44,6	38,0	4,8
156	72,2	3,3	110	80,5	76,8	74,3	70,1	63,1	52,4	41,2	34,0	28,0	4,5
157	74,8	5,1	110	70,7	66,6	64,7	61,7	51,5			46,1	29,6	5,1
158	75,2	8,2	86	87,7	84,1	73,0	63,4	55,3		52,2	43,0	23,6	5,4
159	66,2	10	220	87,3	90,0	85,0	82,8	79,3		72,4	68,5	24,5	5,7
160	49,7	11	100		84,9	82,8	80,8	76,9	74,1	70,8	50,0	26,4	5,5
161	47	18	90	75,0	79,1	68,7	61,3	55,1	50,7	44,8	28,4	20,8	3,6
162	58,7	16	103	87,6	85,5	84,8	84,1	78,4		44,0	32,7	23,4	3,4
163	48,1	48	140	82,0	82,2	80,8	77,7	74,5	71,2	66,5	56,0	32,6	9,8

HUMMLO-KEPPEL VERZAMELIJST

Bijlage C.

TABEL I.

Kuif no.	Slab Z	PV	0,4	1,0	1,5	2,0	2,3	2,7	3,4	4,2	6,0	P b	Parameters p/b	Av	Ap
1	9	41,8	40,- 4,5510	36,9 4,0108	33,1 3,6509	24,8 2,9531	21,5 2,6897	17,6 2,3527	12,7 1,8475	6,4 0,8696	1,8 -0,8362	0,74	0,2410	3,07	5,06 5,81
2	15	42,-	40,4 4,6151	37,5 4,0688	3,4 3,7290	29,2 3,2890	26,1 3,0484	21,8 2,7101	14,4 2,0343	8,4 1,2466	2,4 -0,4593	0,71	0,2273	3,12	5,12 5,82
5	16	42,2	40,5 4,5921	37,6 4,0628	34,6 3,7365	29,4 3,2977	26,5 3,0737	22,4 2,7539	14,7 2,0626	9,- 1,3415	2,5 -0,4051	0,70	0,2237	3,13	5,13 5,80
4	20	42,6	40,8 4,5768	38,2 4,1028	35,- 3,7515	31,6 3,4577	28,3 3,2001	24,5 2,9099	15,8 2,1680	10,1 1,5010	3,- -0,1642	0,68	0,2137	3,18	5,15 5,77
6	23	43,-	41,2 4,5894	38,7 4,1296	35,4 3,7662	32,8 3,5391	29,7 3,2945	26,- 3,0146	17,8 2,3498	11,2 1,6452	3,2 -0,0846	0,67	0,2066	3,24	5,17 5,77
7	24	43,-	41,4 4,6469	38,9 4,1569	35,6 3,7850	33,3 3,5804	30,2 3,3328	26,5 3,0521	19,1 2,4646	11,5 1,6838	3,3 -0,0433	0,67	0,2102	3,19	5,21 5,80
8	33	44,-	42,5 4,7091	40,8 4,3270	37,2 3,8790	34,5 3,6357	33,1 3,5220	29,8 3,2703	21,5 2,6450	14,8 2,0455	4,6 0,3907	0,64	0,2012	3,18	5,25 5,75
9/10	42	45,3	43,8 4,7484	42,- 4,3511	39,7 4,0482	37,2 3,8030	35,7 3,6758	32,1 3,3989	25,4 2,9155	17,- 2,2394	5,9 0,7172	0,62	0,1930	3,21	5,30 5,73
11	65	49,-	47,6 4,8867	46,2 4,5466	44,8 4,3307	43,5 4,1751	41,5 3,9789	37,6 3,6687	31,9 3,2784	22,4 2,6257	8,5 1,1861	0,60	0,1852	3,24	5,50 5,83

LEGENDA

40,- volumeprocenten vocht
4,5510 3 logv - log(P-v)

